Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KUHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

39. JAHRGANG **HEFT 3** (ERSTES FEBRUARHEFT) **1952**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Psychische Beeinflussung körperlicher Vorgänge. Von U. EBBECKE 49
Genabhängige biosynthetische Reaktionsketten und ihre Analyse. Von W. WEIDEL 55

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Homöopolare und metallische Bindung beim Diamanten. Von K. GANZHORN 62
Trennung von Ionen in Ionenaustauschersäulen durch Ionophorese. Von G. MANECKE 62
Die Darstellung pulverförmiger Gold-Silber-Legierungen bei Zimmertemperatur. Von F. HUND und E. TRÄGNER . . . 63
Photometrische Bestimmung der Umwandlung von Kreatin in Kreatinin. Von K. GAEDE und R. GRÜTTNER 63
Beitrag zur Papierchromatographie von Glycylpeptiden. Von K. HEYNS und W. WALTER 64
Über den Nachweis von Nucleinsäuren in den Chloroplasten höherer Pflanzen. Von H. METZNER 64
Einfluß von Cl^- und SO_4^{--} auf den Enzymgehalt einiger Kulturpflanzen. Von E. LATZKO 65
Änderung der Oberflächenbenetzbarkeit während der Blattentwicklung. Von H. F. LINSKENS 65
Über Wesen und Bedeutung der Bakteroide in den Wurzelknöllchen der Erbse. Von W. HEUMANN 66
Über das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Hämoglobin-, Stärke-, Bakteroidvorkommen und Stickstoffbindung in den Wurzelknöllchen der Erbse. Von W. HEUMANN 66
Chemische Reaktivierung hitzeinaktivierter Hefen und Temperaturadaptation. Von J. CHRISTOPHERSEN und W. KAUFMANN 67
Elektronenmikroskopische Beobachtungen am Saft gesunder Tabakpflanzen. Von W. KANNGIESSER 68
Zur Vielfacherzeugung von Mesonen in Nukleon-Nukleon-Stößen. Von M. TEUCHER 68
Bemerkungen zur Theorie der Vielfacherzeugung von Mesonen. Von W. HEISENBERG 69
Reaktionen auf Töne hoher Frequenz bei Nagern. Von W. M. SCHLEIDT 69
Zum Hypophysenproblem „beim Frosch". Von R. BRAUN . 70
Extrachromosomale feulgenpositive Körper (Nukleinkörper) in der Oogenese der Tipuliden. Von K. BAYREUTHER . . . 71
Glomeruläre und tubuläre Nephrose der Säuglingsmaus nach experimenteller Infektion mit Viren der Coxsackie-A-Gruppe. Von R. GÄDEKE 71

BESPRECHUNGEN.

W. ROTHMALER, Allgemeine Taxonomie und Chorologie der Pflanzen. (Ref.: F. FIRBAS) 72
Berichtigungen 72

In Kürze erscheint:

Kurzes Lehrbuch der Anorganischen und Allgemeinen Chemie

Von Dr. **Gerhart Jander,** o. Professor an der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg, und Dr. **Hans Spandau,** Privatdozent an der Technischen Hochschule Braunschweig. Fünfte Auflage. Mit 169 Abbildungen. XII, 563 Seiten. 1952. Ganzleinen DM 19.80

Inhaltsübersicht: Einleitung. 1. Grundbegriffe der Chemie und ihre Erklärung am Beispiel des Systems Wasser. 2. Die elementaren Bestandteile des Wassers. Ozon. Wasserstoffperoxyd. 3. Die Bestandteile der Luft. 4. Der Kohlenstoff. 5. Die Metalle. 6. Die Halogene. 7. Die Eigenschaften von Lösungen, insbesondere von wäßrigen Lösungen. 8. Die Chalkogene. 9. Gleichgewichtslehre. Massenwirkungsgesetz. 10. Das periodische System. Der Atombau. 11. Die Stickstoffgruppe. 12. Die 4. Hauptgruppe des periodischen Systems und das Bor. 13. Die Alkalien. 14. Zweite Hauptgruppe des periodischen Systems. 15. Die radioaktiven Elemente. 16. Dritte Hauptgruppe des periodischen Systems. 17. Die Nebengruppen des periodischen Systems. 18. Physikalische Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel der anorganischen Chemie. 19. Die Katalyse. 20. Komplexverbindungen und Koordinationslehre. 21. Die Hydride. 22. Intermetallische Verbindungen, intermetallische Phasen. 23. Der kolloide Verteilungszustand der Materie. 24. Die Chemie der Hydrolyse und der höhermolekularen Hydrolyseprodukte (Polysäuren und Polybasen). Hochmolekulare anorganische Verbindungen. 25. Oxydhydrate und Hydroxyde. 26. Reaktionen im festen Aggregatzustand. 27. „Wasserähnliche", anorganische Lösungsmittel. 28. Geochemie. Sachverzeichnis.

Das „Kurze Lehrbuch der Anorganischen Chemie" hat in seinen vier schnell aufeinanderfolgenden Auflagen seit seinem ersten Erscheinen im Jahre 1940 keine wesentlichen Änderungen erfahren. Inzwischen wurden aber mancherlei Erkenntnisse gewonnen, die jetzt in das Lehrbuch eingebaut werden mußten. Infolgedessen ist die fünfte Auflage gründlich überarbeitet und erweitert worden. Außer einigen allgemeinen Änderungen haben einzelne Abschnitte, wie die der Silicate, der Radioaktivität, der Metallcarbonyle und der wasserähnlichen Lösungsmittel wesentliche textliche Umgestaltungen erfahren. Erheblich erweitert ist das bisher knapp gehaltene Kapitel über „Die Elemente der Nebengruppen des periodischen Systems" sowie das Kapitel über „Die Reaktionen im festen Aggregatzustand" durch Anfügung eines Abschnitts. Ferner sind zwei Kapitel neu aufgenommen „Die Katalyse" und „Physikalische Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel der anorganischen Chemie". Trotz der vorgenommenen Änderungen hat das Lehrbuch seinen bisheriger Charakter bewahrt.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zeitschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Soeben erschien:

Festschrift zur Feier des zweihundertjährigen Bestehens der Akademie der Wissenschaften in Göttingen

I. Mathematisch-physikalische Klasse. Mit 41 Figuren im Text. XIX, 178 Seiten. 1951. DM 15.—

Inhaltsverzeichnis: **Die Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften.** Von R. Smend-Göttingen. — **Die Gültigkeitsgrenze der Theorie der idealen Kristalle und ihre Überwindung.** Von M. Born-Edinburgh. — **Neuere Ergebnisse zum Isotopieverschiebungseffekt in den Atomspektren.** Von P. Brix und H. Kopfermann-Göttingen. — **Paradoxien des Zeitbegriffs in der Theorie der Elementarteilchen.** Von W. Heisenberg-Göttingen. — **Bedeutung der makromolekularen Chemie für die Biologie.** Von H. Staudinger-Freiburg i. Br. — **Einengungs- und Ausweitungsregionen beiderseits des Urkontinents Laurentia.** Von H. Stille-Hanover. — **Anwendungen der Hydrodynamik auf Probleme der Kosmogonie.** Von C. F. v. Weizsäcker-Göttingen. — **Chlorophyldefekte Mutanten.** Von H. v. Euler-Stockholm. — **Mineralographie, ein relativ neues Gebiet chemischer Forschung und technischer Anwendung.** Von J. A. Hedvall-Göteborg. — **Die Modulgruppe in einer einfachen involutorischen Algebra.** Von C. L. Siegel-Göttingen. — **Über Lösungen nichtlinearer Differentialgleichungen.** Von F. Rellich-Göttingen. — **Über den Gauss-Bonnetschen Satz.** Von R. Nevanlinna-Helsinki.

II. Philologisch-historische Klasse. Mit 13 Figuren im Text und 1 Ausschlagtafel. XIX, 198 Seiten. 1951. DM 15.—

Inhaltsverzeichnis: **Die Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften.** Von R. Smend-Göttingen. — **Zur Entstehungszeit der Lex Salica.** Von K. A. Eckhardt-Witzenhausen. — **Warum ist *p* ein unstabiler Laut?** Von H. Pedersen-Kopenhagen. — **Neuarabische Streitgedichte.** Von E. Littmann-Tübingen. — **Die Sirenen.** Von K. Latte-Göttingen. — **Ein christliches Amulett aus Ägypten.** Von Fr. W. v. Bissing-Oberaudorf. — **Die Dekretalensammlungen des 12. Jahrhunderts. 1. Die Sammlung Tanner.** Von W. Holtzmann-Bonn. — **The Tibetan Alphabet.** Von F. W. Thomas-Bodicote. — **Die ältesten Denkmäler der Römischen Kirche.** Von A. M. Schneider-Göttingen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

39. Jahrgang Heft 3 (Erstes Februarheft) 1952

Psychische Beeinflussung körperlicher Vorgänge.

Von U. Ebbecke, Bonn.

Das Thema: Psychische Beeinflussung körperlicher Vorgänge könnte auch heißen: Körperlicher Ausdruck psychischer Vorgänge und hat, wie sich zeigen wird, viel mit den Affekten und Ausdrucksbewegungen zu tun. Es ist ein Unterabschnitt des großen Leib-Seele-Problems, über das seit den ältesten Zeiten die Menschheit träumt, sinnt, denkt, spekuliert, philosophiert und über das die Naturwissenschaft, die Physiologie, die eine Naturwissenschaft des Lebendigen, der Lebensvorgänge ist, experimentiert. Der Mensch, dieses Doppelwesen, lebt in einer sichtbaren Welt und in einer unsichtbaren Welt und nennt jene körperlich und diese geistig. Das eine ist ihm die Grundlage, das andere das Höchste, Wertvollste. Ahnend, glaubend, wissend sucht er nach den Beziehungen zwischen den beiden Welten. Je schärfer im Verlauf der Jahrhunderte und Jahrtausende die Trennung zwischen dem Körperlichen und Seelischen geworden ist, um so schwerer und fast hoffnungslos wird es, die Beziehung und Verbindung zwischen ihnen herzustellen, die doch offensichtlich besteht. Der Arzt hat es täglich hiermit zu tun. Denn er behandelt den ganzen Menschen und weiß, daß der kranke Mensch bald der chirurgischen Behandlung mit dem Messer, bald der internistischen Behandlung mit den Medikamenten bedarf — beides kann und muß er lernen —, immer aber der seelischen Behandlung. Und diese letztere Kunst braucht er nicht zu lernen; denn entweder bringt er sie von Natur aus eigener Begabung menschlich mit, oder er hat sie nicht, dann lernt er sie auch nicht recht. Die Physiologie, eine experimentelle Naturwissenschaft, behandelt nicht, aber fragt. So wird es unsere Aufgabe sein zu berichten, was sie mit ihren Erfahrungen zu diesen Problemen beitragen kann. Die Frage heißt dann: Wie ist es möglich, daß psychische Vorgänge Einfluß auf körperliche Vorgänge haben? Und die einfachere Aufgabe ist zunächst nur festzustellen, aufzuzählen und zu beschreiben, welche körperlichen Vorgänge seelisch beeinflußt werden. Es wird sich dann wenigstens zeigen, wie man sich auf Grund der experimentell beobachteten Befunde zur Zeit diese Zusammenhänge vorstellen darf.

Herzschlag, Blutkreislauf, Atmung, Ernährung und Verdauung sind alles Vorgänge, die sich in den Eingeweiden des Körperinnern abspielen und großenteils sowohl unserm Bewußtsein wie unserm Willen entzogen sind. Der gesunde Mensch spürt und weiß nicht viel von seinem Herzen und seinen Blutgefäßen oder von den Bewegungen von Magen und Därmen. Alle diese Organe funktionieren, wie man so sagt, von selbst, im Schlafen, wo das Bewußtsein ausgeschaltet ist, so gut wie im Wachen. Wir brauchen uns nicht viel um sie zu kümmern, solange wir gesund sind; sie bedürfen unseres Eingreifens nicht, der Wille fruchtet nichts. Das Bemühen sorgfältigster Selbstbeobachtung kann uns höchstens zum Hypochonder machen und das normale Getriebe stören. Es sind rein körperliche Vorgänge. Ein Herz, das ausgeschnitten und dadurch aus seinem natürlichen Zusammenhang mit dem Organismus entfernt ist, schlägt noch eine Weile weiter oder kann künstlich, wenn es schon stillgestanden war, zum Schlagen gebracht und am Schlagen erhalten werden, und auch Magen und Darm arbeiten mit ihren langsamen wurmförmigen Bewegungen weiter, als überlebende Organe. Aber trotz ihrer weitgehenden Selbständigkeit sind sie doch Teile des Gesamtorganismus, dem sie dienen und der zu verschiedenen Zeiten verschiedene Ansprüche an sie stellt, je nachdem wir Nahrung zu uns genommen haben oder nicht, je nachdem wir uns bewegen oder ruhen. Sie sind mit Nerven versorgt, die sie mit dem Zentralnervensystem (ZNS) verbinden, wenn es auch sehr dünne, graue, langsamer leitende und verhältnismäßig recht spärliche Nervenfäserchen sind.

Nun lehrt die alltägliche Beobachtung, daß diese Organe doch jeden Augenblick an alle den Ereignissen teilnehmen, die unser Gemüt oder unsern Verstand, unsern Geist bewegen. Sie werden sympathisch in Mitleidenschaft gezogen. Das soll an einigen Beispielen veranschaulicht werden. Zunächst ganz kleine Beispiele. Die Pupille, das schwarze Sehloch unseres Auges, liegt als Fenster, durch das die Lichtstrahlen eintreten, inmitten der farbigen, dunklen undurchsichtigen Iris, und die Iris oder Regenbogenhaut ist solch ein Organ, das nur glatte unwillkürliche Muskeln enthält und mit Hilfe der ringförmig und radiär angeordneten Muskelfasern sich bewegt und das von ihr umschlossene Sehloch, die Blende gleichsam unseres photographischen Apparates, verkleinert oder vergrößert. Das geschieht reflektorisch. Damit ist gemeint: die Bewegung wird zwar vom ZNS gesteuert, aber ohne unser Wissen und Willen, von untergeordneten Abschnitten des ZNS her, also, wie wir sagen, rein körperlich. Diese Bewegung reguliert von selbst den Lichteinfall und die Helligkeit, läßt ganz wie die Irisblende der photographischen Kamera viel oder wenig Strahlen hindurchtreten. Wer nun auf die Größe der Pupille achtet und seine Mitmenschen daraufhin durchmustert, kann leicht feststellen, daß unter ganz gleichen Helligkeitsbedingungen manche Menschen eine weite, andere eine enge Pupille haben. Zuweilen kann die Pupille so weit sein, daß der Irisrand ganz schmal, das Auge fast schwarz erscheint, was einen seltsamen Ausdruck gibt. Weite Pupille bedeutet dann, daß die Person sich in irgendeinem Zustand der Aufregung, der Aufgeregtheit befindet, sei es vor Freude, sei es vor Furcht oder Schmerz, oder in einer höchst angespannten aufmerksamen Erwartung. Im entgegengesetzten Falle ist die Pupille eng, bis zur Stecknadelkopfgröße, am engsten im Schlaf, im Zustand der völligen Beruhigung, obgleich doch da ohnehin die Lider geschlossen sind und der Lichteinfall ausgeschlossen ist. Zwischen den beiden Extremen schwankt die Pupillenweite hin und her. Mit Hilfe einer kürzlich an unserem Institut ausgearbeiteten Methode kann jeder seine eigene Pupille beobachten

und messen. Er sieht dann, daß sich die Pupille schon erweitert, wenn nur die Tür klappt oder ein Fremder ins Zimmer tritt oder wenn ihm eine Rechenaufgabe gestellt, ein ihn näher angehendes Stichwort zugerufen wird. Die Methode ist fein genug, um zu erkennen, daß selbst dann, wenn außen gar nichts geschieht, noch die Pupille winzige Schwankungen vollführt, als Zeichen, daß im Innern doch einige Gemütsbewegungen vor sich gehen. Es ist die altbekannte Pupillenunruhe, deren völliges Fehlen ein Zeichen phlegmatischer Stumpfheit, wenn nicht gar Geistesstörung ist. So ist die Pupille ein Ästhesiometer, ein Empfindungsmesser oder Gefühlsindikator.

Im Grunde sind aber alle diese unwillkürlich arbeitenden Organe Empfindungsmesser, wenn nur die Methoden fein genug sind, um auch die kleineren Schwankungen zu registrieren. Nehmen wir die Schweißsekretion der Haut, das Schwitzen als ein ebenfalls leicht äußerlich zu beobachtendes Beispiel. Der Mensch schwitzt bekanntlich, wenn ihm zu warm ist, und dann ist das Schwitzen eine Verteidigung der Körpertemperatur gegen übermäßige Erwärmung. Er schwitzt aber auch vor Aufregung, vor Angst, in gespannter Erwartung, wie der Arzt an manchen Patienten in der Sprechstunde beobachten kann und wie mancher es in unangenehmen Situationen schon an sich selbst beobachtet hat, die ihn zum Schweißausbruch bringen. Unter gleichen äußeren thermischen Bedingungen schwitzen einige Menschen leicht, andere schwer, haben feuchte oder trockene Hände. Man kann unmittelbar vor Augen bei schwacher Vergrößerung die kraterförmigen winzigen Öffnungen der Schweißdrüsenausführungsgänge an der Handinnenfläche oder Fingerbeere beobachten und sieht dann, wie von den zahlreichen Schweißdrüsen bald die eine, bald die andere in Tätigkeit ist und ihre schnell verdunstende mikroskopische Schweißperle bildet, wie aber auf einen äußeren Anlaß, einen taktilen, optischen oder akustischen Reiz, auf eine Überraschung, auf irgend eine körperliche oder geistige Anstrengung hin eine ganze Anzahl von Schweißdrüsen zugleich oder kurz nacheinander ihr Sekret entleeren, indem die das Drüsenläppchen umschließenden glatten Muskelfasern sich infolge einer wenn auch winzigen Aufregung zusammenziehen und das vorgebildete Sekret auspressen.

An der Haut finden noch mehr solche unmittelbar beobachtbare Vorgänge statt, die als Erröten und Erblassen oder als Kälteschauer und Gänsehaut jedermann bekannt sind und nur der feineren Untersuchung und Registrierung bedürfen. Die Farbe der Haut, deren Oberfläche matt durchscheinend und wenig pigmentiert ist, hängt ab von dem roten Blut, das sich in den Schichten unter der Oberfläche befindet, und wechselt daher je nach der Füllung der dort gelegenen kleinen Blutgefäße zwischen den beiden Extremen von leichenblaß und puterrot. Da die kontraktilen Gefäßwände sich zusammenziehen oder erschlaffen können, so daß das Lumen der Gefäße enger oder weiter wird, so ist die Blutmenge, die Färbung und Hauttemperatur in weitem Umfang abstufbar, so daß die Körperwärme nach Bedarf gestaut oder nach außen abgeleitet wird. Es ist wieder eine reflektorische und automatische Selbstregulierung, die sich ohne unser Zutun vollzieht. Wenn aber Zorn, Entrüstung oder Scham das Blut in die Wangen treibt oder feurige Kohlen auf dem Haupte sammelt oder wenn in Schreck, Angst, Furcht das Gesicht erbleicht, so ist das eine psychische Beeinflussung. Mit Hilfe einer Vorrichtung, die das Volumen einer Gliedmaße plethysmographisch registriert, zeigt sich, daß das Glied, ein Finger oder Arm, je nach der Blutfüllung ein wenig anschwillt oder schrumpft und daß bei der Versuchsperson, die ihren Arm im Plethysmographen hat, schon eine kleine Aufregung, etwa die Gegenwart einer Respektperson genügt, um durch Zusammenziehung der Hautgefäße den Arm zum plötzlichen Schrumpfen zu bringen. An den Ohren eines weißen Kaninchens, bei dem die Blutgefäße ohne weiteres sichtbar durch die Haut schimmern, ist derselbe Vorgang unmittelbar zu beobachten und beispielsweise festzustellen, wie leicht und schnell die Gefäßweite und Füllung wechselt bei einem lebhaften und schreckhaften jungen Kaninchen und wieviel stabiler, widerstandsfähiger oder stumpfer sich ein alter Hase verhält.

Ähnlich steht es mit dem Kälteschauer, der den Rücken entlang läuft bis in die Gliedmaßen hinein und durch die Zusammenziehung glatter Hautmuskelchen entsteht, wobei die die Haut bedeckenden feinsten Lanugohärchen aufgerichtet werden. Der Vorgang hat bei den mit Federn oder Pelzkleid ausgestatteten Warmblütern große Bedeutung, während er beim Menschen mit seiner stark reduzierten Körperbehaarung nur noch ein stammesgeschichtlich bemerkenswertes, ererbtes Relikt darstellt. Sicherlich wird mancher aus eigener Erfahrung eine Erinnerung haben an einen Schauer, der über den Rücken lief bei einer besonders feierlichen eindrucksvollen Gelegenheit oder bei einer Geistererscheinung im Theater oder bei einer bedeutsamen leisen Musikstelle. Es braucht durchaus kein sprichwörtlich haarsträubendes Ereignis zu sein.

Die genannten Erscheinungen betrafen Reaktionen der glatten Muskeln an der Haut, den Hautdrüsen, Hautgefäßen, Hauthärchen oder der Regenbogenhaut und sind vielleicht Kleinigkeiten und Äußerlichkeiten. Es waren pupillomotorische, sudomotorische, vasomotorische und pilomotorische Reaktionen. Sie sind sämtlich sympathisch vom Sympathicus-Nervensystem innerviert. Sie erhalten größere Bedeutung, wenn wir uns klar machen, daß sich in dem der unmittelbaren Sichtbarkeit entzogenen Körperinnern ganz die gleichen Vorgänge abspielen. So haben jüngst einige englische Physiologen in Oxford teils mit der Röntgenmethode, teils operativ nachgewiesen, daß die Niere infolge eines lebhaften Schmerzreizes erblaßt und die Nierenrinde durch Gefäßverengerung vom Kreislauf nach Art eines Kurzschlusses abgeschaltet werden kann, so sehr, daß die in ihrer Blutzufuhr abgedrosselte, hochempfindliche Nierenrinde, in der die Harnproduktion erfolgt, zeitweise ihre Tätigkeit einstellt, die Harnproduktion versagt, ein keineswegs ungefährliches Ereignis.

Oder wir denken daran, daß solche Gefäßverengerungen gleichzeitig größere Gebiete erfassen können, so daß die Gesamtkapazität der Gefäßhöhle abnimmt und der Blutdruck ansteigen muß. Auch das ist ein ganz alltägliches Ereignis. So kommt ein Patient zum ersten Mal in die Sprechstunde des Arztes und hat einen hohen Blutdruck, und wenn er einigemal in der Sprechstunde war, hat er normalen Blutdruck, ist scheinbar geheilt und war in Wirklichkeit nur anfangs

aufgeregt gewesen und später daran gewöhnt. Die Erhöhung kommt normalerweise der Gehirndurchblutung zugute und macht aufgeweckt, munter, reaktionsbereit, kann aber auch zu hohe Grade erreichen, so daß eine plötzliche starke Blutdrucksteigerung zarte schwachwandige Blutgefäße des Gehirns zum Platzen bringt; bei alten Leuten kann daher eine plötzliche freudige oder aufregende Nachricht, ein starker Schreck Anlaß zu einem Schlaganfall sein. Wenn auf diese Weise hochgradige Wut, Zorn, Furcht, Angst, Schreck unter Umständen im akuten Anfall gefährlich werden, so wird andererseits ein zwar schwächerer, aber länger dauernder chronischer Gemütszustand ähnlich auf den Blutkreislauf einwirken, also solche langhingezogenen Verstimmungen wie Kummer, Gram, Sorge, ängstliche Erwartung.

Daß Affekte, Stimmungen, Gemütsbewegungen den Herzschlag beeinflussen, so daß das Herz in Sprüngen geht, pocht oder aussetzt oder verlangsamt wird, ist so bekannt, daß es nur erwähnt zu werden braucht. Es ist der Grund dafür, daß seit ältesten Zeiten und noch jetzt im Sprachgebrauch das Herz als Sitz der Gemütsbewegungen angesehen wird, in einer nicht selten vorkommenden Verwechslung von Ursache und Wirkung, Symptom und Ursprung. Es ist wohl nicht zufällig, wenn unruhige Zeiten mit besonders häufiger und starker gemütlicher Beanspruchung auch eine Häufung von Herzerkrankungen mit sich bringen.

Ähnlich geht es mit den Leistungen des Verdauungskanals, des Magendarmtraktus; hierfür liegen reichlich Beispiele vor sowohl am Menschen wie im Tierversuch. Ärger verdirbt bekanntlich den Appetit, und die Nahrung liegt wie ein Stein im Magen. Körperlich zeigt sich das darin, daß sowohl die Magenbewegungen wie die Absonderung des Magensafts stillgestellt werden. Ein Hund, bei dem durch Anlegung einer Magenfistel eine direkte Verbindung zwischen Magen und Bauchwand hergestellt ist, liefert einen aus der Fistel abtropfenden Magensaft, der aufgefangen wird; das Tropfen hört sofort auf, wenn der Hund durch Vorhalten einer ihm feindlichen Katze in Angriffsstimmung versetzt wird. Als mit dem Aufkommen der Röntgenmethode die Röntgendurchleuchtung auch die mit dem Wismutbrei gefüllten Därme sichtbar machte, fand sich bei den Katzen, die vor dem Röntgenschirm festgebunden waren, eine gute Darmperistaltik mit Verschiebung und Weiterbewegung der Röntgenmasse, aber seltsamerweise nicht bei den Katern, einzig aus dem Grunde, weil die Kater sich gegen das Aufbinden stärker sträubten, die Freiheitsberaubung stärker empfanden als die Katzen; auch bei einer Katze fehlt die Peristaltik, wenn die Katze durch einen leichten Schmerzreiz gestört wird oder wenn eine Mutterkatze von ihren Jungen weggeholt wird, von denen sie sich ungern trennt. Wir könnten das eine eine körperliche, das andere eine psychische Beeinflussung nennen. Die Peristaltik kommt wieder in Gang, wenn die Katze gestreichelt wird und anfängt zu schnurren. Am ausführlichsten sind solche Untersuchungen angestellt an der Mundhöhle und der Speichelabsonderung, wobei wie in den berühmten PAWLOWschen Hundeversuchen das von den großen Speicheldrüsen gebildete Sekret ebenfalls vom Ausführungsgang durch eine Fistel direkt zur Wangenhaut abgeleitet wird. Der normale reflektorisch wirksame Reiz, der die Speichelproduktion in Gang bringt, ist das Einbringen von Nahrung in die Mundhöhle. Auf einem Umwege wirksam ist aber auch schon das bloße Vorzeigen der Nahrung, ja sogar irgendein beliebiger Umstand, der nur häufig und regelmäßig genug mit der Nahrungsaufnahme verbunden, ihr vorangegangen und dadurch zu einem Vorsignal der Fütterung geworden war. Der Hund kann so auf einen bestimmten Freßton, auf ein bestimmtes, von anderen indifferenten Eindrücken unterscheidbares optisches Signal dressiert werden, das auf dem Umwege, und zwar über das Großhirn, zu einem speicheltreibenden Reiz geworden ist. Wir würden sagen, der Hund hat das Signal verstanden und er antezipiert nun, nimmt durch die Vorankündigung das darauffolgende Geschehen voraus; wir würden das ein Üben, Lernen, Erinnern, Erwarten, Vorgeschmack, Vorfreude, also psychisch nennen, was freilich völlig gesetzmäßig erfolgt und so, wie es eingeübt werden kann, so auch wieder in Vergessenheit geraten, durch Nebenumstände abgelenkt, gestört und verhindert werden kann. Das Tier verhält sich da nicht anders als der Mensch, dem schon der Geruch, der Anblick und sogar, wenn er hungrig genug ist, schon die bloße Vorstellung, das Denken an die Speise das Wasser im Munde zusammenlaufen läßt, dem andererseits ein ekelerregender Geruch, Anblick oder sonstiger Eindruck die Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung erschwert, die Speichel- und Magensekretion zum Versiegen bringt oder sogar ein Herausbefördern der schon aufgenommenen Nahrung, einen Würg- und Brechakt nach sich zieht.

So greift das Seelische in die Ernährung und den Stoffwechsel ein, was am einfachsten am Zuckerhaushalt zu demonstrieren ist. Ärger, Zorn, Aufregung steigern den Gehalt des Blutes an Traubenzucker, unter Umständen so sehr, daß nicht nur der Blutzuckergehalt übermäßig groß ist, sondern auch die Niere den überschüssigen Zucker unverbraucht hinauswirft, wie bei der Zuckerkrankheit, dem Diabetes. Früher haben die Ärzte in Frankfurt a. M. an der Zuckerausscheidung ihrer diabetischen Patienten herausgelesen, ob die Börse einen schwarzen Tag gehabt hatte. Der nervöse Zusammenhang scheint zunächst unklar, da keine Nerven ins Blut hineinreichen, ist aber gut aufgeklärt, da im Tierexperiment der gleiche Erfolg durch eine Verletzung oder Reizung einer kleinen Stelle im Gehirn, und zwar im Stammhirn, Zwischenhirn zu erzielen ist, durch den Zuckerstich. Von dieser kleinen Stelle läuft die Erregung durch das Rückenmark und die Sympathikusfasern des N. splanchnicus minor zur Nebennierenrinde und veranlaßt die Nebenniere, mehr von ihrem Drüsenprodukt, dem Nebennierenhormon Adrenalin, ins Blut abzugeben. Das auf dem Blutweg zur Leber getragene Adrenalin bringt dann die Leber dazu, mehr von ihrem im Glykogendepot gespeicherten Kohlenhydrat in Traubenzucker umzuwandeln und ins Blut zu schicken. Man kann das Nebennieren-Venenblut eines zornigen Hundes auffangen und es einem andern Hund einspritzen und erhält an ihm die gleichen Symptome, Blutzuckererhöhung, übrigens auch Blutdrucksteigerung, Herzbeschleunigung, weite Pupillen und die andern schon beschriebenen Sympathikussymptome, als wenn der zweite Hund ebenfalls zornig wäre. Wie hieran zu sehen, gibt es neben der Nachrichtenübermittlung auf dem Nervenwege eine zweite chemisch, humoral und hormonal vermittelte Nachrichtenübertragung auf dem Blutwege,

und beide Arten der Kommunikation arbeiten ständig miteinander Hand in Hand. Sie stehen schon anatomisch in engster Beziehung; denn von dem ebengenannten Zwischenhirn, von dem außer dem Zuckerstich auch der Wärmestich mit vorübergehender fieberhafter Temperaturerhöhung und der Wasserstich mit übermäßiger Wasserausscheidung der Nieren bekannt ist und von dem noch öfter die Rede sein wird, geht der Hirnanhang, die Hypophyse aus, eine innersekretorische Drüse, die den anderen Hormondrüsen übergeordnet ist und mit ihrem Stiel am Zwischenhirn hängt. Man hat neuerdings sogar gefunden, daß die Zwischenhirnzellen selbst innere Sekrete bilden, so daß in den Nervenzellen nervöse und hormonale Funktionen vereinigt sind. So ist das ganze große hier nur kurz erwähnte Reich der inneren Sekretion und der mannigfaltig wirkenden Blutdrüsen vom ZNS her und damit auch seelisch beeinflußbar.

Die geschilderten Beeinflussungen sind, wie aus den Tierexperimenten hervorging, keineswegs eine Sondereigenschaft des Menschen. Auch ein Hund, der zu Versuchszwecken mehrmals in einen Heizkasten zur Temperaturerhöhung gebracht war, gerät schließlich schon ins Hecheln oder Hacheln, wenn er nur in den noch gar nicht angeheizten Kasten kommt, sozusagen in vorbeugender Erwartung, oder ein Hund, der im Anschluß an eine chirurgische Operation einige Zeit mit Morphium zur Schmerzstillung behandelt war, kann späterhin schon durch den Stich der Injektionsspritze und Wassereinspritzung beruhigt werden oder muß unter Umständen wie ein Morphiumsüchtiger langsam entwöhnt werden. Ein Kaninchen, das ohne Narkose oder andere Beruhigungsmittel auf den kleinen Operationstisch geschnallt und festgebunden wird, erfährt eine Erhöhung seines Blutzuckergehalts, eine Fesselungshyperglykämie.

Alle die beschriebenen Beobachtungen betrafen Tatsachen und Befunde an vegetativen Funktionen von Kreislauf, Atmung, Ernährung, Stoffwechsel und Temperaturhaushalt, die, obgleich sie ganz selbständig und ohne unser Zutun, wie in Schlaf und Narkose, verlaufen, doch jederzeit psychisch beeinflußt werden. Die Tatsachen mögen wunderbar erscheinen und sind es wohl auch, sind aber nicht unverständlich, und gerade in neuerer Zeit ist der Zusammenhang weitgehend aufgehellt durch alle die Forscher, die sich mit der Physiologie des Stammhirns und Zwischenhirns beschäftigt haben, von denen, um einige Namen anzuführen, der Deutsche Goltz, die Österreicher Karplus und Kreidl, der Engländer Sherrington, die Amerikaner Ranson und Bard und in letzter Zeit besonders erfolgreich und anerkannt der Schweizer Physiologe Hess genannt seien. Dieser hat mit der Methode der punktförmigen elektrischen Reizung eine Art Topographie des Stammhirns und Zwischenhirns, insbesondere der Regio hypothalamica, aufgestellt, was wegen der versteckten tiefen Lage dieser Gehirnabschnitte noch schwieriger ist als bei der operativ leichter zugänglichen Großhirnrinde, und hat von einzelnen Punkten Pupillenerweiterung, von anderen Pupillenverengung bekommen, von wieder andern Herzbeschleunigung oder -verlangsamung, Blutdrucksteigerung oder -senkung, allerlei Atemänderungen, Speichelfluß, Mundbewegungen des Kauens und Leckens, Brechbewegungen, Entleerungsbewegungen. Kurz, alle solche vegetativen Funktionen lassen sich künstlich durch elektrische Hirnreizung auslösen, wie sie bei den vorher beschriebenen Befunden vorkommen und wie sie von den vegetativen sympathischen und autonomen Nerven gesteuert werden. Sie haben hier im Stammhirn ihre zentrale Vertretung.

Aber es sind nicht nur die vegetativen Funktionen der Drüsen und glatten Muskeln im Innenbetrieb des Organismus, die von hier gesteuert werden, sondern gleichzeitig die animalen Funktionen der Haltung und Fortbewegung, der quergestreiften Skelettmuskeln, die wir gewöhnlich willkürliche Muskeln nennen, die aber großenteils ebenfalls reflektorisch innerviert werden. Erst durch Hinzufügung dieser vorläufig unberücksichtigt gebliebenen Seite wird das Bild vollständig. Wie schon der Goltzsche großhirnlose Hund zeigte und seither immer bestätigt wurde, kann ein solches Tier ohne Großhirn und mit erhaltenem Stammhirn bei einiger Pflege jahrelang leben; er frißt und verdaut, bewegt sich und ruht, wacht und schläft und ist soweit normal, wenn auch hochgradig stumpf gegenüber der Außenwelt, fast unzugänglich und beziehungslos. Aber er kann, was nun von besonderer Bedeutung ist, sehr leicht in Wut geraten. Bei jeder ein wenig unsanften Berührung fängt er an zu knurren, zu strampeln und um sich zu beißen. Ein großhirnloses Kind, das $3^1/_2$ Jahre lebte, schrie die längste Zeit seines Lebens, wenn es nicht schlief oder gefüttert oder durch Streichen des Kopfes beruhigt wurde. Und die künstliche elektrische Zwischenhirnreizung an sonst völlig normalen Katzen ruft ganz charakteristische Stellungen und Bewegungen hervor. Eine Art von Reizung gibt Sträuben der Rückenhaare, Entblößen der Zähne, Katzenbuckel, Fauchen, Sprungstellung und, wenn der Reiz stark genug war, einen wohlgezielten Sprung gegen irgendeinen harmlosen benachbarten Gegenstand oder eine in der Nähe stehende Person. Die Symptome sind ähnlich, ja gleich denen eines plötzlichen, wenn auch sinnlosen Wutanfalls. Obgleich nach Beendigung der Reizung der Anfall rasch aufhört, schnell „vergessen" ist, hinterbleibt noch einige Zeit eine deutliche Gereiztheit, so daß die Katze, die sich vorher gern streicheln ließ, sich keine Berührung gefallen läßt, sondern gegen die berührende Hand kratzt oder beißt. Von einem anderen Reizort aus ist der Erfolg, daß sich die Katze irgendeinem Gegenstand von passender Größe zuwendet, ihn ins Maul nimmt, beleckt und beknabbert, selbst wenn es ein ungenießbares Stück Holz ist. Wieder andere Reizstellen ergeben die Körperhaltung, die zur Entleerung von Blase und Mastdarm erforderlich ist. Und, merkwürdig genug, bewirkt die Reizung eines bestimmten Abschnittes im vorderen rostralen Bezirk des Hypothalamus, daß die Katze den Kopf senkt, sich auf die Seite legt, zusammenrollt, ganz schlaff daliegt mit geschlossenen Augen und engen Pupillen; sie schläft. Diese Umstellung mitten aus einer Beschäftigung heraus kann so plötzlich kommen, daß man von einem Schlafanfall reden kann wie von einem Tobsuchtsanfall oder von einem Freßanfall. Spürte die Katze nun dabei Wut oder Heißhunger oder überwältigende Müdigkeit? Angriffs- und Kampflust oder Freßlust oder Schlaflust? War das rein körperlich, oder war es körperlich und seelisch zugleich? Wir stehen da vor einer fast unentscheidbaren Frage. Die Katze kann es uns nicht sagen, aber es spricht kein triftiger Grund dagegen, die Frage zu bejahen, zumal wir von menschlichen

Geistes- und Gehirnkrankheiten ganz ähnlich solche unmotivierten, wie zwangsmäßig anfallsweise auftretenden Verhaltensweisen von sinnlos wütendem Toben, übermäßiger gieriger Nahrungszufuhr und übermäßigem Schlafbedürfnis kennen. Am Menschen haben wir bei den Erscheinungen der Tobsucht oder Freßlust (Boulimie) oder Schlafsucht (Lethargie) oder den entgegengesetzten Erscheinungen der Bewegungslosigkeit, Nahrungsverweigerung, Schlaflosigkeit keinen Anlaß, an ihrer wesentlichen psychischen Komponente, dem psychischen Aspekt des Erscheinungsbildes zu zweifeln. Hier sind die zugehörigen Stimmungen und Gemütszustände deutlich, und auch die längerdauernden Zustände, Stimmungen und Verstimmungen der übermäßigen zornigen oder übermütigen Bewegungs- und Sprechlust und umgekehrt der trübsinnigen Bewegungsunlust, der ungenügend motivierten Exaltation und Depression, Manie und Melancholie gehören hierher. Es sind einige wenige Fälle von chirurgischen Hirnoperationen am Menschen bekannt, wo der in Lokalanästhesie operierte Patient, der bei vollem Bewußtsein und wohlgeordnet ist, beim Angehen des Zwischenhirns, etwa bei Entfernung eines Tumors oder beim Austupfen einer Blutung im dritten Hirnventrikel, mit einem plötzlichen Stimmungsumschlag anfängt zu sprechen, zu scherzen und dumme Witze zu machen. Solche Erfahrungen und Beobachtungen geben Anlaß zu nachdenklichen Betrachtungen und fordern hauptsächlich dazu auf, die Untersuchungen in der hier angedeuteten Richtung fortzusetzen.

Sicher aber ist, daß die im ersten Abschnitt besprochenen vegetativen Symptome mit ihrer psychischen Beeinflußbarkeit nunmehr ihren Sinn bekommen. So bunt die angeführte Reihe war, ob sie nun pupillo-, sudo-, pilo-, vasomotorische Erscheinungen waren, Herzschlag und Kreislauf, Verdauung und Stoffwechsel, Adrenalin und Hormone betrafen, sie dienen sämtlich dazu, die für Leben und Bestand eines Organismus notwendig erforderlichen und immer wiederkehrenden typischen Situationen des Gesamtverhaltens zu unterstützen und zu ermöglichen. Was bei der Zwischenhirnaktion entsteht, sind Urtypen, gleichsam vorgeschriebene Grundreaktionen ursprünglich primitiver Art, die alle Kräfte des Organismus in eine bestimmte Richtung lenken, die sich auf Beute, Jagd, Angriff und Flucht, Sieg und Niederlage, Verkehr mit feindlichen und freundlichen Artgenossen und Geschlechtspartnern, Nahrungsaufnahme und Ballastentleerung, Betätigung oder Erholung, Kräftemobilisierung und Kräftesammlung, Sicherheit, Ruhe beziehen. Es sind, nach einem Vergleich von BILZ, Szenen eines Stückes, in denen das Individuum auf das passende Stichwort hin und entsprechend der gegebenen Umgebungssituation seine wohlvorbereitete, von Natur eingeprägte Rolle zu spielen hat, wobei das zunächst recht schematische Benehmen weiterhin durch die Umstände modifizierbar ist. In solchen Dringlichkeitssituationen kommt es auf schnelle nach außen gerichtete Kraftentfaltung und Bewegung an, und das Gegenstück dazu ist dann ein Verhalten, das die restituierenden, assimilierenden und ausgleichenden Vorgänge begünstigt.

Indem wir so die einzelnen Symptome zusammenfügen, erhalten wir ein sinnvolles geordnetes Gesamtbild. Straffe Haltung, schnelle und kräftige Bewegung ist Muskelarbeit. Muskeln, die stärker arbeiten, brauchen mehr Energiezufuhr, das ihnen gelieferte Brennmaterial, der Traubenzuckergehalt des Blutes wird vermehrt, der angelieferte Sauerstoff durch häufigeres Atemholen unter Erweiterung der Luftwege (Abnahme des Bronchialtonus) und durch verstärkten Herzschlag und größere Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt herantransportiert; im Notfall zieht sich noch die Milz zusammen und schickt aus ihrem Blutkörperchendepot mehr rote Blutkörperchen, mehr Sauerstoffträger in den Kreislauf. All das kommt außer den Muskeln zugleich, und wohl in erster Linie, dem Gehirn zugute, das lebhafter arbeitet und bei erhöhtem Blutdruck reichlicher ernährt wird, während das Blut anderen, zur Zeit nicht benötigten Organen, so der erblassenden Haut, entzogen wird. Wenn erforderlich, wird sogar die Körpertemperatur zeitweilig erhöht, durch ein vorbereitendes anheizendes Muskelzittern des Schüttelfrostes, was die allgemeine Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. Und auch die Weite der Pupillen, die eine maximale Lichtfülle hindurchläßt, dient der optischen Anfeuerung, die ebenfalls die Reaktionsbereitschaft und Geschwindigkeit der Gehirnleistung erhöht. Derweil ist keine Zeit für Verdauungsarbeit; der Appetit versagt, Magen- und Darmbewegungen und Sekretionen werden stillgestellt, unter Umständen nach einer anfänglichen schnellen Entleerung. Alles das sind die Sympathikus-innervierten Symptome. Zu diesem ergotropen Gesamtbild gibt es dann zu andern Zeiten das ebenso wichtige genaue Gegenstück der gemächlichen Verdauungsarbeit zur Anfüllung der Reservedepots bei möglichst vollkommener Körperruhe, Tonusschlaffheit der Skelettmuskeln, Bequemlichkeit der Lage, Abgeschlossenheit gegen äußere Eindrücke, Senkung von Blutdruck, Herzfrequenz, Körpertemperatur und Blutzuckergehalt. Das sind Unterschiede wie zwischen Tag und Nacht. Die beiden Extreme sind auf der einen Seite der hochgradige akute Schreck mit blassem Gesicht und weitgeöffneten Augen, einem bis zur plötzlichen Versteinerung und Erstarrung angespannten Muskeltonus und einer mit allen Sinnen angespannten Aufmerksamkeit in höchster Alarm- und Mobilisationsstufe des Wachens, und auf der andern Seite die hochgradige Entspannung aller Muskeln, Abspannung der Aufmerksamkeit, gleichmütiges, gleichgültiges Ruhen und Versinken in den Schlaf, so daß man, obwohl es nicht üblich ist, von einem Schlafaffekt wie von einem Schreckaffekt reden kann oder, wie ich meine, reden muß. Dabei hat auch der Schlaf die verschiedensten Grade oder Tiefen.

Der konsequente Gang unserer Betrachtung hat somit auf das weite Gebiet der Affekte geführt, von denen wiederum zu fragen ist: Sind sie körperlich oder seelisch? Sind es passive „Passionen" (Passions de l'âme), Leiden und Leidenschaften oder aktive Leistungen? Sie sind beides zugleich. Und welches soll dann das Primäre sein? Sicherlich haben sie eine körperliche und eine seelische Seite, eine Außen- und eine Innenseite, die untrennbar zusammengehören.

Nun sind die der Deutlichkeit wegen gegenübergestellten Extreme selten, die milden Grade und Übergangsstufen um so häufiger und alltäglich. Die leisesten Schwankungen und nur angedeuteten Innervationen kommen vor, und es war schon von Anfang an gesagt, daß, je feiner die Methoden des Nachweises sind, um so sicherer auch die unablässig wechselnd

sich ablösenden Schwankungen nachweisbar werden. Sie sind dann in bezug auf den ersten ursprünglichen eigentlichen Endeffekt noch viel zu schwach und wirkungslos, sind aber den beobachtenden Artgenossen bemerkbar, verständlich und werden zu Ausdrucksbewegungen, die eine Intention oder Tendenz verraten und übertragen, zu sozialen Mitteilungen. Das gilt, wie von tierpsychologischer Seite gezeigt ist, ganz allgemein. Der Mensch, der uns hier angeht, ist ein Beleg dafür, wie konservativ noch die letzten Reste der urtümlich vererbten Verhaltensweisen festgehalten werden. Ihm sträuben sich nicht mehr die Rückenhaare seines Pelzes, aber er fühlt im Schauer das Aufrichten der kleinsten Lanugohärchen. Er beißt nicht mehr, wenn er zornig ist, aber er entblößt seine Zähne und beißt die Zähne zusammen. Er ballt die Hand zur Faust, auch wenn er längst nicht schlagen, sondern nur seinem Wort, seiner Behauptung und Meinung größeren Nachdruck geben will. Seine Ungeduld entlädt sich vielleicht in kaum bewußten Fingerbewegungen als eine Tendenz zum eiligen Laufen. Seine vorsprachlichen unwillkürlichen Interjektionslaute sind stark eingeschränkt; er merkt es kaum, wenn er in der Sprachmelodie, im Akzent des Sprechens die Stimme hebt, weil seine Spannung und die Spannung der Stimmbänder mit der dem Worte zugemessenen Bedeutung steigt oder weil am Ende einer Frage die im Stimmton angezeigte größere Spannung sich auf den Hörer überträgt und jenen zur Beantwortung veranlaßt, während umgekehrt am Ende eines Satzes der Stimmton in beruhigtem Spannungsnachlaß absinkt. Wie fein werden auch die kleinsten unwillkürlichen Änderungen der Lidweite als Zeichen einer aufmerksameren oder gleichgültigeren Beteiligung oder die kleinsten Augenbewegungen als Augensprache verstanden!

Da der Mensch nur noch im ersten Säuglingsstadium ein reines Stammhirnwesen ist und im Gegenteil seine Sonderstellung als exquisites Großhirnwesen κατ' ἐξοχήν eingenommen und sich dadurch eine weit größere Handlungsfreiheit erworben hat, ist zum Schluß, nachdem sich herausgestellt hat, daß die psychische Beeinflussung körperlicher Vorgänge auf dem Wege über die Affekte und das Zwischenhirn geht, noch ein kurzer Blick auf die Folgen zu werfen, die der Neuerwerb des Großhirns mit sich bringt.

Während im Stammhirn, in der Gehirnmitte, in die einst Descartes den Seelensitz verlegen zu müssen glaubte, alle Ereignisse, die den Körper unmittelbar betreffen, schon vertreten und zusammengefaßt sind zugleich mit einer wenn auch beschränkten Anzahl gebrauchsfertiger art- und erbgebundener Reaktionsschemata, werden die vom Körper ausgehenden und zur Körperperipherie zurückgehenden Impulse im Großhirn nochmals auseinandergelegt, auseinandergesetzt und verteilt, so daß nun viel mehr und mannigfaltigere Erregungszusammenstellungen (Erregungsmuster oder Koordinationen) möglich sind. Das ist schon rein anatomisch daran zu sehen, daß vom Stammhirn die zusammengebündelten Nervenfasern nochmals nach allen Seiten auseinandergehen zu der weit größeren Fläche der Großhirnrinde, die Platz hat beim Menschen für 12 bis 20 Milliarden von Nervenzellen. Hier liegt nun mit allseitiger Verknüpfung die Vertretung aller der Ereignisse, die zwar körperlich zunächst noch nicht dringliche Sofortmaßnahmen erfordern, die aber infolge ihrer häufigen Wiederholung als Begleitumstände mit den Dringlichkeitsereignissen verknüpft, assoziiert werden und für kürzere oder längere Zeit verknüpft, assoziiert bleiben. Wie solche Assoziationsverknüpfungen entstehen, ist uns ebenso bekannt oder unbekannt wie das Leben jeder Zelle. Aber diese großhirnmäßig kortikal registrierten und repräsentierten Ereignisse sind nun Vorboten, die eine anschließende Dringlichkeitssituation ankündigen, und Vorbereitungen, die ein demnächst erforderliches Dringlichkeitsverhalten vorwegnehmen und ermöglichen. Das ist das Lernen durch individuelle Erfahrung. Schon das Tier lernt in beschränktem Umfang. Ein einfacher Fall wurde bei den Pawlowschen Fütterungsversuchen angeführt, wo ein beliebig ausgewählter Umstand zur Voranzeige, Vorsignal der Fütterung und zur Vorbereitung der Verdauung wird. Eine Peitsche etwa ist für den Hund ein gleichgültiger Gegenstand, nachdem er beschnuppert war und ungenießbar befunden wurde; hatte die Peitsche einmal ihre schmerzliche Wirkung ausgeübt, so bleibt der Anblick dieser Peitsche und sogar die Gelegenheit, die die Anwendung der Peitsche veranlaßt hatte, für sich selbst schon schmerzlich und wird nach Möglichkeit vermieden, weiterhin sogar die Hand, die nach der Peitsche greift, die zornige Gebärde und Miene, der zornige Stimmton, d. h., immer weiter zurückverlegte und zukunftweisende Umstände. Umgekehrt wird der Spazierstock des Herrn als Vorsignal der freien, sich ungehindert austobenden Bewegungslust ein beliebter Gegenstand und bewirkt der Griff nach dem Spazierstock schon vorbereitend und vorwegnehmend einen kleinen Bewegungssturm. Der Affektton ist, wie man sagen kann, von dem unmittelbar wirksamen Ereignis auf die mittelbar in zweiter, dritter und folgender Linie wirksamen Ereignisse übertragen oder, besser gesagt, auch die im Neuhirn registrierten Assoziationsmuster sind noch mit den Urtypen der im Stammhirn festgelegten Reaktionsschemata verbunden und sind daher ähnlich, wenn auch schwächer wirksam. Sie müssen psychisch die körperlichen Vorgänge beeinflussen und das körperliche Gesamtverhalten in einer bestimmten Richtung einstellen. Da der Mensch unvergleichlich viel mehr lernt als das Tier und die bei ihm sich bildenden Assoziationsketten unvergleichlich länger, vielgliedriger und verzweigter sind, ist verständlich, daß bei ihm kaum noch ein Eindruck ganz ohne Affektandeutung ist, so lange er wach und rege ist. Bei den höheren in die Ferne weisenden Sinnen, Auge und Ohr, schwächt sich aber schon durch die Vielzahl der gleichzeitigen miteinander konkurrierenden Eindrücke die Affektbedeutung ab, ohne sich ganz zu verlieren. Diese Sinne sind dann zur Kenntnisnahme, nicht zur sofortigen Stellungnahme da und sind deswegen die höheren Sinne.

Der wichtigste Schritt in der Entwicklungsreihe geschieht dann, wenn nicht nur die gegenwärtig einwirkenden Umstände als Erregungsmuster im Neuhirn registriert werden, sondern wenn für diese neugebildeten Erregungsmuster, bildlich gesprochen, nochmals eine zweite Registratur und Repräsentation geschaffen wird. Dann ist das Ereignis mit seinen anschließenden Folgen selbst gar nicht vorhanden, wohl aber an seiner Stelle das kortikale Erregungsmuster zweiter Ordnung, das ebensosehr ein Signal oder Zeichen für das kortikale Erregungsmuster erster Ordnung ist, wie dieses das

Signal für den Vorgang in der Außenwelt darstellt. In der gewöhnlichen Terminologie ausgedrückt heißt das: Es handelt sich nicht mehr um Sinnesvorstellungen, sondern um abstrakte Vorstellungen, Erinnerungen, Gedanken, um auftauchende Phantasien und Einfälle. Da die Nervenzellen sämtlich ihre Eigentätigkeit, ihr Eigenleben haben, kann es scheinen, daß unmotiviert spontane Eigenproduktionen vorliegen, während tatsächlich immer ein Nachbareinfluß den Anstoß zu geben pflegt. Diese Eigenproduktionen, die ihr Innenleben unabhängig von den äußeren Umständen führen, sind es, die wir im engsten Sinne psychisch nennen. Ob ein Tier solche Eigenproduktionen kennt, ob ein Hund, wenn er im Schlaf unruhig wird, knurrt und jault, zugleich dabei träumt, ob ein Schimpanse, der vor der vom Dach herunterhängenden Banane scheinbar tief nachdenklich sitzt und nach Mitteln sucht, der begehrten Frucht habhaft zu werden, ob er schon einsichtig plant, bevor er handelt, bleibe unerörtert. Jedenfalls der Mensch denkt, und das ist seine Stärke. Obgleich ihm dabei nicht anzusehen ist, was alles in seinem Innern vor sich geht, bleibt noch die Denkmimik ein körperlicher Affektausdruck. Wird durch ein zugerufenes Wort ein Gedanke, eine Erinnerung wachgerufen, so wird dabei auch die zugehörige Sinnesvorstellung und Affektbegleitung mit anklingen müssen, soweit sie nicht durch gleichzeitige konkurrierende Vorstellungen überdeckt und hintangehalten sind. Das Träumen des Schlafs, bei dem das Gedachte zugleich als Sinnesvorstellung und wirkliches Außenereignis erscheint, und der ähnliche künstlich herbeizuführende traumhafte Zustand des hyponotischen somnambulen Halbschlafs sind gute Beispiele für diese an sich durchaus natürlichen Zusammenhänge, über die wir uns zu wundern pflegen. Wir müssen uns dann freilich auch und noch viel mehr darüber wundern, wie es möglich ist, daß wir uns eine eigene Körperbewegung denken, eine Bewegungsvorstellung haben und daß aus dieser gedachten selbstsuggerierten Bewegungsvorstellung eine wirkliche ausgeführte körperliche Bewegung wird. Das nennen wir dann eine Bewegung, die wir aus eigenem Willen, in voller Freiheit, freiwillig gemacht haben. Wir sehen darin das kräftigste und überzeugendste Beispiel von der Macht des Geistes über den Körper, für die psychische Beeinflussung und Beherrschung körperlicher Vorgänge, und wenn wir uns über das alltägliche und scheinbar selbstverständliche Ereignis der willkürlichen Bewegung wundern, so ist das ein gutes Zeichen, daß wir auf dem Anfang eines Weges zum besseren Verständnis sind.

Der Gang der Betrachtung hat vom Einfachen zum Zusammengesetzten geführt. Es ist ein nachdenkliches Thema. Der Arzt, der gute Arzt, die ärztliche Wissenschaft kennt diese Zusammenhänge und handelt danach. Der gute Arzt hat sich seit ältesten Zeiten aus rein menschlichen Motiven und Erfahrungen danach gerichtet. Täte er das nicht, so wäre er das Gegenstück zu den Kurpfuschern, die nur durch solche psychischen Beeinflussungen ihre oft recht eindrucksvollen Erfolge erzielen und die Linie der ältesten Medizinmänner, Zauberer und Magier fortsetzen. Denn der Arzt ist ein Meister in seinem Beruf, der sein Handwerk gelernt hat und sein Handwerkszeug zu gebrauchen versteht, und ist zugleich Künstler in der Kenntnis und Behandlung des Menschen. Freilich ist die Naturwissenschaft nicht die geeignetste Instanz, um über die Frage: Was ist Körper, was ist Geist? Auskunft zu geben; ihr verwischen sich leicht die schönen scharfen Begriffsbegrenzungen, so daß sie von einer Leib-Seele-Einheit spricht. Das hier Vorgetragene ist ein Beitrag, der zur eigenen nachdenklichen Stellungnahme auffordert. Die Naturwissenschaft kommt da nicht selten in Widerspruch zu alten Traditionen und zu eigenen menschlichen Neigungen, Wünschen und Hoffnungen. Es scheint oft, als sprächen verschiedene Wissenschaften verschiedene Sprachen und als wäre erst eine gründliche Änderung und Vereinbarung der Terminologien erforderlich, um schließlich mit der Zeit eine Harmonie der Widersprüche auf höherer Stufe herbeizuführen. Es ist aber tröstlich zu wissen, daß das, was die Naturwissenschaft mit ihren sorgfältigen, bescheidenen, langsamen und vorsichtigen Bemühungen findet, größer, reicher, schöner, wunderbarer und göttlicher ist als alles, was menschliche Spekulation sich ausdenken kann, und so können wir uns getrost den Wissenschaften, die noch so viel zu entdecken haben werden, anvertrauen.

Literatur.

EBBECKE, U.: Nervenarzt **19**, 1442 (1948). — Klin. Wschr. **26**, 609 (1948). — Naturwiss. **34**, 336 (1947). — Arzneimittelforschg. **1**, 49 (1951). — Pflügers Arch. **253**, 333 (1951). — Pupillenreaktionen. Pflügers Arch. (im Druck). — HESS, W. R.: Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems. Basel 1948. — Das Zwischenhirn. Basel 1949. — MOSSO, ANGELO: Die Furcht. Leipzig 1889. — Die Ermüdung. Leipzig 1892. — WEBER, E.: Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910.

Eingegangen am 26. Juli 1951.

Genabhängige biosynthetische Reaktionsketten und ihre Analyse.

Von WOLFHARD WEIDEL, Tübingen.

Als BECKER [*1*] im Jahre 1938 in dieser Zeitschrift seine Übersicht „Die Gen-Wirkstoff-Systeme der Augenausfärbung bei Insekten" veröffentlichte, stand die chemische Bearbeitung und Analyse der in dem Aufsatz referierten, biologischen Beobachtungen, die sich alle um das endlich zugänglich gewordene Problem des Mechanismus der Genwirkung gruppierten, noch ganz in den Anfängen. Da die Biochemie gerade damals die bedeutendsten Erfolge auf dem Gebiete der Vitamine und Hormone errungen hatte, darf es nicht wundernehmen, daß man nun, da sich gezeigt hatte, daß in gewissen Fällen lösliche und extrahierbare Stoffe die Vermittlung zwischen Gen und phänotypischem Merkmal übernehmen, den beliebt gewordenen Begriff des „Wirkstoffs" auch auf derartige Vermittlersubstanzen übertrug. Man sprach geradezu von „Augenausfärbungshormonen" bei den Insekten, so wie man hier noch heute — und mit Recht — von Verpuppungs- und Häutungshormonen spricht, machte sich über das Wie und Wo ihrer Wirkung zunächst keine präziseren Vorstellungen, wohl weil man in dieser Richtung schon manche Enttäuschung erlebt hatte, und erwartete jedenfalls zunächst ganz und gar nicht, hier eine breitester und eigentlich sogar sehr naheliegender Verallgemeinerung zugängliche Gruppe von Beobachtungen vor sich zu haben. Man vergißt

falsche oder zu eng begrenzte Gedankengänge schnell, besonders im Bereich der sich unaufhörlich weiter entwickelnden, exakten Naturwissenschaften, und heute will es uns fast trivial und selbstverständlich erscheinen, daß Körperpigmente, genau so wie unzählige andere chemische Verbindungen, aus denen sich ein Organismus aufbaut, Endprodukte langer biochemischer Syntheseketten sind, daß jene sog. „genabhängigen Wirkstoffe" nichts anderes darstellen als chemische Zwischenprodukte auf dem Wege zu einer bestimmten, über viele Stufen zu erreichenden organischen Substanz und daß die Gene in solche Syntheseketten steuernd eingreifen. Dieses Wissen fiel uns jedoch nicht a priori und ohne Mühe zu, auch wenn das jetzt manchmal aus didaktischen Gründen gern so dargestellt wird, sondern es ist die Frucht der Untersuchungen über die zur Augenpigmentbildung führende Reaktionskette bei Insekten [2] in den Arbeitskreisen von KÜHN und BUTENANDT, die die

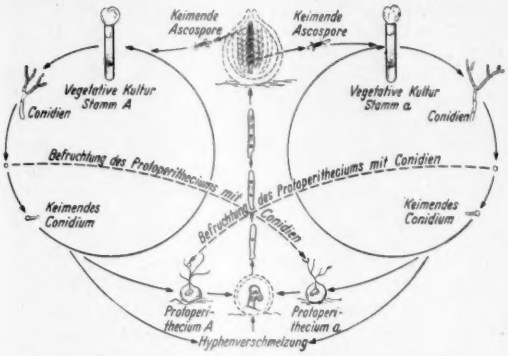


Fig. 1. Schema des Fortpflanzungszyklus von Neurospora[1]).

Wirkstoffhypothese endgültig zu Fall brachten, und des großartigen Ausbaus der hier gewonnenen Einsichten zu einer experimentellen Methode von vielseitigster Anwendbarkeit durch BEADLE und TATUM [3]. Der vorstehende Aufsatz wird sich vorwiegend mit dieser experimentellen Methode beschäftigen [4].

Die Analyse der Augenpigmentkette war nur dadurch möglich geworden, daß die an ihrer Kontrolle beteiligten Gene in verschiedenen Mutanten von Insektenarten an verschiedenen Stellen ausgefallen waren und die Kette daher hier unterbrochen hatten (Mutationsblock), ohne jedoch die Funktionsfähigkeit des Anfangs- und Endstückes irgendwie zu beeinträchtigen. Infolgedessen produzierte in einem solchen Organismus der Anfangsteil weiter und häufte schließlich eine Substanz (z.B. Kynurenin, s. unten) an, die eigentlich nur ein Zwischenprodukt sein sollte, infolge des Mutationsblocks aber für die Mutante zum Endprodukt geworden war, während das Endstück der Kette stillag und gewissermaßen nur darauf wartete, mit der richtigen, aber nicht mehr hergestellten Substanz (z.B. Oxykynurenin, s. unten) versorgt zu werden, um die Arbeit wieder aufzunehmen und zum normalen Endprodukt, dem Augenpigment, zu führen. Man sieht also: ohne Störungen keine Aufdeckung einer Synthesekette, ja nicht einmal eine unmittelbare Andeutung ihres Vorhandenseins und daher keine Ansatzmöglichkeit für den Biochemiker.

Das Rezept für die Erweiterung unserer Kenntnisse auf dem Gebiet der Biosynthesen klingt daher einfach: man nehme einen Organismus, erzeuge in ihm Mutationsblocks von Syntheseketten, untersuche auf dadurch hervorgerufene Ausfallerscheinungen und versuche, diese durch Zufuhr der richtigen chemischen Substanz zu beheben.

Für die praktische Durchführung müssen jedoch noch manche Besonderheiten in Betracht gezogen werden, um zu einer brauchbaren Methode zu gelangen. Vor allen Dingen müssen Mutanten leicht und in möglichst großer Zahl gewinnbar und Ausfallerscheinungen ohne viel Mühe feststellbar sein. Offensichtlich sind Mikroorganismen zur Einhaltung der ersten Bedingung am geeignetsten, denn sie vermehren sich schnell, zeigen Mutabilität, die man durch Bestrahlung oder andere Mittel erheblich steigern kann, und lassen die Isolierung einzelner Individuen und ihre Heranzüchtung zu Klonen (reinen Stämmen) zu. Sie erfüllen aber auch die zweite Bedingung, wenn man die Sache mit TATUM und BEADLE nur vom richtigen Standpunkte aus betrachtet. Es ist nämlich schon seit langem bekannt, daß bei Mikroorganismen gelegentlich und plötzlich Individuen auftreten können, welche erhöhte Ansprüche an das Nährmedium stellen, d.h. Substanzen zum Wachstum benötigen, die der Normalstamm nicht braucht, weil er sie eben selbst machen kann. In solchen auf Wachstumsfaktoren angewiesenen Mutanten sind also offenbar Syntheseketten für eben diese Faktoren unterbrochen, und diese Unterbrechung kann erblich, d.h. insofern Folge einer echten Mutation sein. Der eingetretene Ausfall ist aber natürlich mühelos feststellbar, denn solche Zellen wachsen nicht mehr auf dem aus einem Minimum an bekannten Komponenten zusammengesetzten Medium des Normalstammes, also auf dem sog. Minimalmedium.

Leider zeigen nun viele, im übrigen für solche Experimente geeignete Organismen rein vegetative, also ungeschlechtliche Vermehrung und sind deshalb unbrauchbar, wenn es sich darum handelt, die Frage zu entscheiden, ob ein einziges, ganz bestimmtes mutiertes Gen für einen vorgefundenen Syntheseblock verantwortlich ist. Denn ohne Kreuzung und Erbfaktorenaustausch ist die genetische Analyse unmöglich. Ein für den betrachteten Zweck geeigneter Mikroorganismus muß sich also auch noch geschlechtlich vermehren können.

Glücklicherweise war zu der Zeit, als BEADLE und TATUM diese scharfsinnigen Schlüsse und Verallgemeinerungen aus den Befunden an der genabhängigen Augenpigmentbildung bei Insekten zogen, zu denen sie übrigens ebenfalls Wesentliches beigetragen hatten, gerade ein Mikroorganismus genetisch-zytologisch durchuntersucht worden, der den zu stellenden Ansprüchen in geradezu idealer Weise entspricht: der Schimmelpilz *Neurospora crassa* [5], [6], [7]. Fig. 1 gibt ein Schema seines Fortpflanzungszyklus wieder. Das Reagenzröhrchen enthält das auf Nähragar gewachsene, aus einem Filz weißer Fäden bestehende Pilzmyzel. Makroskopisch erscheint es lachsrosa gefärbt durch unzählige, asexuelle Sporen oder Konidien, welche diese Färbung tragen. Bringt man eine solche isolierte, asexuelle Spore in ein Röhrchen mit frischem

[1]) Die Fig. 1—7 sind in Anlehnung an die Figuren hergestellt worden, die in der Arbeit von Prof. Dr. G. W. BEADLE in *Science in Progress* 5, 166 (1947) enthalten sind.

Nähragar, dann keimt sie aus, und es entwickelt sich daraus neues Myzel, das dieselbe genetische Konstitution hat wie das Myzel, von dem das Konidium stammte. Diese rein vegetative Vermehrung, zu der Neurospora imstande ist, erweist sich für biochemische Arbeiten als sehr nützlich, denn man kann auf diese Weise beliebige Mengen von Pilzmyzel mit einheitlicher genetischer Konstitution gewinnen. Das Myzel ist übrigens stets haploid, so daß man sich niemals um Dominanz oder Rezessivität der biochemisch untersuchten Gene zu kümmern braucht.

Der Wildtyp von Neurospora existiert in 2 Formen, die sich in einem ganz bestimmten Gen unterscheiden und sonst in nichts. Man bezeichnet den einen Stamm mit *A*, den anderen mit *a*, und zwischen diesen beiden Stämmen spielt sich die geschlechtliche Vermehrung ab. Entweder verschmelzen, wenn man die beiden Stämme zusammenbringt, einfach deren Hyphen, d. h. die Myzelfäden, worauf *A*- und *a*-Kerne ebenfalls verschmelzen, um dann sogleich 2 Reduktionsteilungen und einer Äquationsteilung zu unterliegen. Daraus ergeben sich acht sexuelle oder Askosporen[1]), die wieder haploid sind. Diploid ist also in dem ganzen Ablauf nur der Kern einer einzigen, sich schnell unter Reduktion des doppelten Chromosomensatzes auf wieder die Hälfte weiterteilenden Zelle. Die andere Möglichkeit zur (stets vorübergehenden) Bildung des diploiden Kerns, in dem sich durch crossing over auch der Genaustausch vollzieht, besteht darin, daß Konidien (ungeschlechtliche Keimzellen) des einen Stammes mit typischen Sexualorganen des anderen Stammes — den sog. Protoperithecien, die von beiden Stämmen gebildet werden — verschmelzen und diese gewissermaßen befruchten. Anschließend spielt sich das ab, was eben schon geschildert wurde. Die jeweils aus je einem diploiden Verschmelzungskern entstehenden 8 Askosporen liegen säuberlich aufgereiht in einem Sporensack oder Ascus, und sehr viele Asci liegen gebündelt in einem Perithecium, das sich aus dem Protoperithecium entwickelt. Jede Askospore kann dann, auf Nähragar gebracht, zu einem Myzel auskeimen, genau wie die asexuell entstehenden Konidien, und damit ist der Kreislauf geschlossen.

Das Myzel des Normal- oder Wildstammes (bzw. der beiden Wildstämme) wächst auf einem sehr einfach zusammengesetzten Nährmedium (Minimalmedium). Es enthält Zucker als Energie- und Kohlenstoffquelle, Nitrat oder Ammonsalz als Stickstoffquelle, dazu noch einige andere anorganische Salze mit lebenswichtigen An- und Kationen und schließlich eine Spur Biotin, ein Vitamin aus der B-Gruppe. Letzteres ist also der einzige Wachstumsfaktor, den der Wildstamm braucht und den er nicht selbst machen kann.

Es handelt sich nun darum, möglichst viele Mutanten des Normalstammes zu gewinnen, in denen irgendwelche Syntheseketten unterbrochen sind und die daher zusätzliche Wachstumsfaktoren benötigen. Das geschieht ganz einfach dadurch, daß man eine große Zahl von Konidien mit Ultraviolett in passender Dosis bestrahlt oder sie einem anderen mutagenen Einfluß aussetzt. Es entstehen dann in einem gewissen Prozentsatz von ihnen Genmutationen, einzeln oder auch gleich zu mehreren auf einmal. Interessant sind nur solche Mutanten, die ein einzelnes mutiertes Gen enthalten, weil die weitere Analyse sonst zu kompliziert wird.

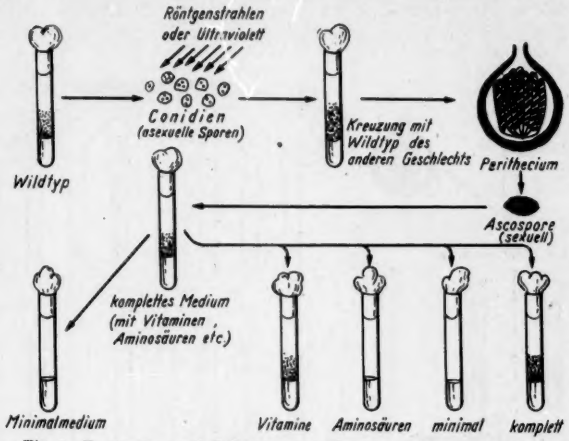


Fig. 2. Erzeugung und Erfassung von Neurospora-Mutanten mit blockierten Syntheseketten.

Nach der Bestrahlung kreuzt man, wie Fig. 2 zeigt, die Konidien mit Wildtyp des anderen Geschlechtes, wartet die Bildung der Askosporen ab und überträgt diese zunächst einzeln auf ein möglichst reichhaltiges Medium, also z. B. Minimalmedium mit

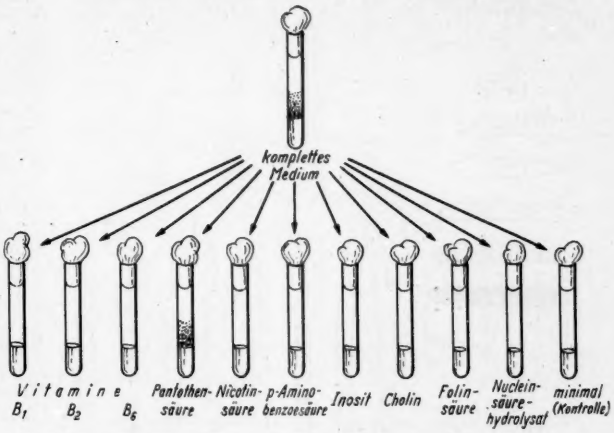


Fig. 3. Endgültige Bestimmung des fehlenden Wachstumsfaktors (hier in der Vitamingruppe).

Zusatz von Hefeextrakt oder Extrakt aus Wildstamm (komplettes bzw. Maximalmedium). Durch diesen Kunstgriff werden erst einmal möglichst viele auf irgend einen vorerst noch unbekannten, löslichen Wachstumsfaktor angewiesene Mutanten am Leben erhalten. Hat sich in den einzelnen Röhrchen mit komplettem Medium Myzel entwickelt, dann überpflanzt man etwas davon auf Minimalmedium, um zu prüfen, ob die betreffende Askospore genetisch nicht etwa mit der Wildform identisch war, ihr Chromosomensatz also kein mutiertes Gen enthielt. Wächst auf Minimalmedium nichts, dann folgt eine Gruppenprüfung mit je einer Mischung aller bekannten Vitamine,

[1]) Ἀσκος (griech.) = Ledersack (zum Transport von Wein oder Wasser), Schlauch.

Aminosäuren, Purine usw. und zur Kontrolle noch einmal mit Maximal- und Minimalmedium.

Nachdem sich so herausgestellt hat, daß man eine Mutante isoliert hat, die z. B. irgend ein Vitamin nicht mehr synthetisieren kann, muß festgestellt werden, um welches Vitamin es sich handelt. Dabei mag sich, wie in Fig. 3 gezeigt, etwa ergeben, daß die Synthesekette der Pantothensäure irgendwo unterbrochen sein

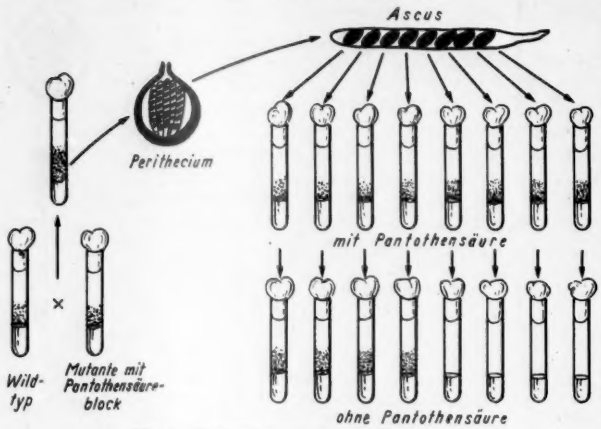


Fig. 4. Test auf monogenische Vererbung.

muß, denn nur in dem Röhrchen mit Minimalmedium + Pantothensäure ist Myzel gewachsen.

Schließlich bleibt noch zu sichern, daß der festgestellte Ausfall auf die Mutation eines einzelnen Gens zurückzuführen ist. Man kreuzt die gewonnene Mutante erneut mit Wildtyp, isoliert möglichst viele

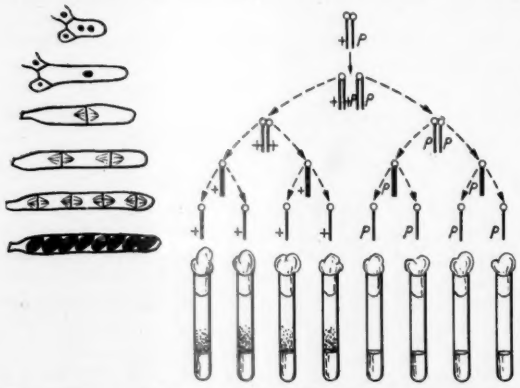


Fig. 5. Kern- und Chromosomenschema für die sog. „Aufspaltung bei der ersten Teilung".

Sporensäcke mit je 8 Askosporen und überträgt diese letzteren, genau in der Reihenfolge, in der sie im Sporensack liegen, einzeln auf pantothensäurehaltiges Minimalmedium, wo sie natürlich alle auskeimen müssen. Von den entwickelten Myzelien überpflanzt man dann Konidien auf je ein Röhrchen mit Minimalmedium. Handelt es sich um eine monogenische Mutante, dann muß sich die in Fig. 4 gezeigte Anordnung ergeben. In 4 Röhrchen ist Myzel gewachsen; die entsprechenden Askosporen waren also reiner Wildtyp, herrührend aus der zuvor herbeigeführten Kreuzung (Askosporen sind haploid!). Die vier nächsten Röhrchen zeigen kein Wachstum, die entsprechenden 4 Askosporen enthielten also alle das bei der Reduktionsteilung auf sie entfallene, mutierte Gen.

Der Grund für diese symmetrische Aufteilung liegt in den zytologischen Vorgängen bei den Reduktions- und Äquationsteilungen (Fig. 5). Auf der linken Seite der Figur sieht man zunächst die beiden elterlichen Kerne, die je 7 Chromosomen enthalten, von denen eines das mutierte Gen birgt, im jungen Sporensack nebeneinander liegen. Sie verschmelzen zum diploiden Kern mit 14 Chromosomen, also 7 Paaren. Nun folgen sofort die meiotischen Teilungen, wodurch die Chromosomenzahl je Kern wieder auf die Hälfte reduziert wird. Schließlich sind aus dem diploiden Kern acht haploide geworden, von denen die rechten vier das mutierte Gen, die linken vier dessen Wildtypallel enthalten. Entsprechend tritt hier auch die Geschlechtertrennung ein. Die strenge, aus dem Reduktionsteilungsmechanismus sich ergebende Reihenfolge bleibt dadurch stets erhalten, daß die Kerne bei bzw. nach den Teilungen im engen Sporensack nicht aneinander vorbeischlüpfen können. Auf der rechten Seite der Figur sind die entsprechenden Vorgänge an dem interessierenden Chromosomenpaar dargestellt (+ = normales Gen, p = mutiertes Gen, Ursache für einen Block in der Pantothensäuresynthese). Nach der Paarung im diploiden Kern verdoppelt sich jedes Chromosom mit Ausnahme seines Zentromers. Bei der nun folgenden ersten Reduktionsteilung werden die Doppelchromosomen an ihrem Zentromer zu entgegengesetzten Polen der Kernspindel gezogen und damit auch die beiden betrachteten Formen der natürlich ebenfalls verdoppelten Gene voneinander getrennt. Der eine der beiden Tochterkerne enthält also dann zwei normale Gene, der andere zwei mutierte. Bei der zweiten Reduktionsteilung verdoppeln sich die Zentromeren, nicht aber die zugehörigen Chromosomen. Ein Paar der entstehenden 4 Kerne enthält daher jetzt normale Gene, das andere Paar mutierte. Eine dritte, gewöhnliche mitotische Teilung, bei der sich Chromosomen *und* Zentromere verdoppeln, liefert schließlich 8 Kerne in der besprochenen Anordnung in 2 Vierergruppen verschiedener genetischer Konstitution.

Von dieser Anordnung gibt es eine Abweichung, die dann auftritt, wenn nach der Chromosomenverdoppelung im diploiden Kern crossing over zwischen dem Zentromer und dem interessierenden Genlocus erfolgt. Wie man aus Fig. 6 leicht ersieht, müssen dann im Askosporensack nicht 2 Vierergruppen, sondern 4 Paare der beiden Askosporentypen abwechselnd nebeneinander liegen. Wenn nur ein Gen mutiert ist, kann sich also nur die eine *oder* die andere dieser beiden Anordnungen ergeben.

Die Häufigkeit der paarweisen statt der Viereranordnung eines mutierten Gens in einem Askosporensack ist, wie man sofort erkennt, ein Maß für die Häufigkeit des crossing over für dieses Gen und damit für seine Entfernung von der Spindelansatzstelle. Denn je weiter entfernt es davon steht, desto größer ist die Chance, daß die Kreuzungsstelle *zwischen* das Gen und den Spindelansatz fällt und ersteres damit auch in die andere Ascushälfte hinüberwandert. Auf diese Weise und unter Zuhilfenahme von Kreuzungsexperimenten mit Doppelmutanten gelang es leicht,

für Neurospora, ähnlich wie z.B. für Drosophila, Chromosomenkarten aufzustellen, welche die relative Lage der bisher bekanntgewordenen Gene mit Steuerungsfunktion in biosynthetischen Ketten zueinander angeben (Fig. 7). Zugleich läßt sich so auch feststellen, ob zwei unabhängig voneinander isolierte Mutanten mit Bedarf für den gleichen Wachstumsfaktor genetisch identisch sind, d.h. die Mutation am gleichen Genort erfolgte oder nicht.

Auf der Chromosomenkarte von Neurospora sieht man, wie nicht anders zu erwarten, daß ganz verschiedene Gene an der Synthese des gleichen Endproduktes beteiligt sind. Von ihnen hängen jeweils verschiedene Reaktionen in der Synthesekette dieses Endproduktes ab, und die biochemische Analyse hat zu zeigen, welche. Es ist klar, daß eine Kette um so vollständiger verfolgt werden kann, je mehr in sie eingreifende Gene durch Mutation ausfallen können. Leider scheinen manche Gene so stabil zu sein, daß sie nie mutieren — oder aber ihre Mutation hat für die Zelle so schwerwiegende Folgen, daß diese mit den bisher üblichen Mitteln nicht am Leben erhalten werden kann — kurz: in allen *solchen* Fällen ist es noch unmöglich, mit der derzeitigen Methodik weiterzukommen, und die zugehörigen Ketten oder Kettenstücke müssen vorläufig ungeklärt bleiben.

Manchmal allerdings kann man sich helfen, indem man einen *anderen Organismus* versucht in der Hoffnung, hier vielleicht auf die gleiche Synthesekette, aber nicht auf die gleichen Schwierigkeiten zu stoßen. Oft werden dann sogar Bakterien, trotz ihrer meist rein vegetativen Vermehrung, zu weiteren Versuchen herangezogen. Es gibt hier eine Methode zur Isolierung von Bakterienmutanten mit Bedarf an Wachstumsfaktoren, die so elegant ist, daß sie wenigstens kurz erwähnt werden soll [*8*], [*9*]. Man weiß schon seit längerem, daß Penicillin nur solche Bakterien tötet, die sich im Zustande aktiven Stoffwechsels befinden, ruhende Bakterien dagegen nicht beeinträchtigt. Bestrahlt man nun z.B. einen Bakteriennormalstamm in dem für ihn ausreichenden Minimalmedium, um möglichst viele Mutanten mit Syntheseblock zu erhalten, dann löst man das Problem der Beseitigung der größtenteils natürlich normal gebliebenen Bakterien einfach dadurch, daß man Penicillin zur bestrahlten Kultur hinzugibt. Dadurch werden alle normalen, im Minimalmedium also im Zustand aktiven Stoffwechsels befindlichen Bakterien getötet, und die Mutanten, die wegen ihrer Syntheseblocks mit dem Minimalmedium nichts anfangen können und daher ruhen, bleiben übrig und lebendig. Man verdünnt nun, um das Penicillin unschädlich zu machen, und überträgt die Mutantensuspension auf Maximalagar, auf dem jede mutierte Zelle zu einer Kolonie heranwächst, mit der dann weiter experimentiert werden kann.

Man hat inzwischen bei Neurospora auf dem oben geschilderten Wege etwa 100000 Einzelsporen isoliert und darunter rund 600 Synthesemutanten gefunden, von denen sich ein großer Teil als identisch erwies. Man sieht also einerseits, welche Riesenarbeit hier bewältigt werden mußte und bewältigt wurde, und wie gering doch andererseits die Ausbeute an brauchbarem Material ist. Dabei stellt das Auslesen der Mutanten nur erst die Vorarbeit dar, der die eigentliche biochemische Analyse dann zu folgen hat. Eine richtige Vorstellung von dem dabei nötigen Aufwand und der damit verbundenen Mühe kann man sich nur schwer machen. Immerhin lohnt sich aber doch wenigstens die scheinbar noch recht dürftige Heraufsetzung der Mutantenausbeute durch Anwendung von Bestrahlung oder Chemikalien. Wenn man darauf warten wollte, bis man 600 *spontan* entstandene Mutanten isoliert hätte, dann würde das unter sonst gleichen Bedingungen nicht 8 Jahre, sondern annähernd 80 Jahrtausende beansprucht haben! An dieser

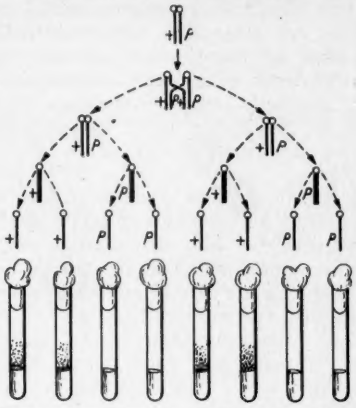


Fig. 6. Chromosomenschema für die sog. „Aufspaltung bei der zweiten Teilung".

Überschlagsrechnung sieht man, welch ein Glückstreffer die rotäugige Mutante der Mehlmotte Ephestia kühniella war, die *spontan* auftrat, einen der chemischen Untersuchung zugänglichen Syntheseblock aufwies und damit die gewaltige Entwicklung der biochemischen Genetik begründete und ermöglichte.

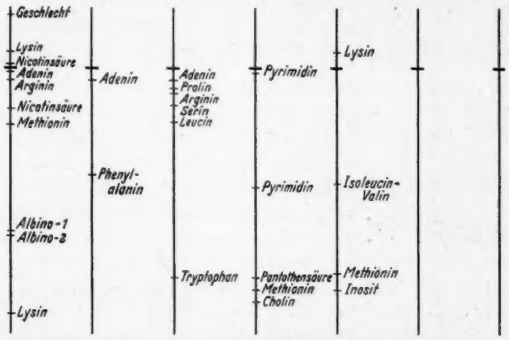


Fig. 7. Chromosomenkarte von Neurospora, welche die relative Lage gewisser Gene mit Steuerungsfunktion in Biosyntheseketten zueinander angibt.

Am besten untersucht, d.h. über die meisten Stufen hin verfolgt ist bei Neurospora bisher die Synthesekette der Nikotinsäure, eines bekannten und wichtigen Vitamins der B-Gruppe. Da sie einige Stufen mit der erwähnten, teilweise schon zuvor aufgeklärten [*2*] Synthesekette des Augenpigmentes von Insekten gemeinsam hat, war bald ein Ansatzpunkt gefunden. Eine bestimmte Mutante von Neurospora benötigte entweder Nikotinsäure oder Tryptophan als Wachstumsfaktor, weshalb auf eine verbindende Synthesekette zwischen diesen beiden Substanzen zu schließen war. Bei der Suche nach weiteren nikotinsäure-bedürftigen Mutanten mit Blocks möglichst zwischen

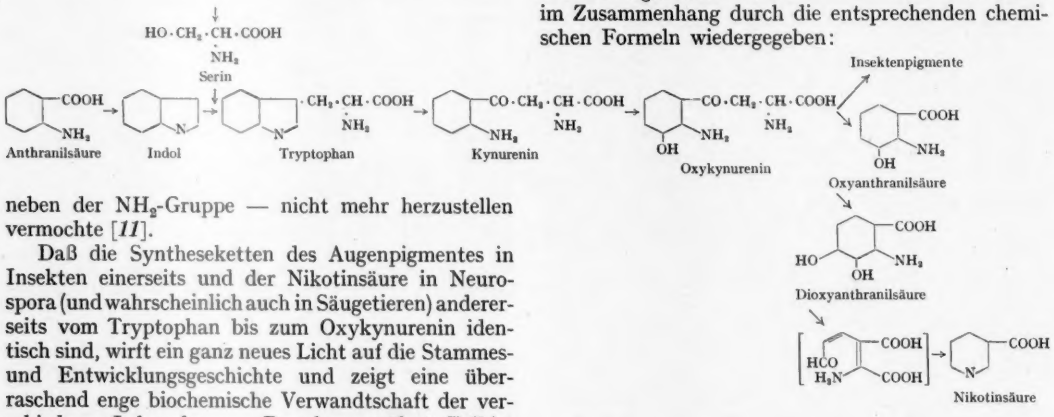
Tryptophan und Nikotinsäure fand sich dann bald eine, die statt der letzteren Substanz auch Kynurenin verwenden konnte, das als Abbauprodukt des Tryptophans bekannt und als Zwischenprodukt bei der Pigmentsynthese nachgewiesen war [*2*]. Deren Block lag also zwischen Tryptophan und Kynurenin. Eine weitere Mutante produzierte Kynurenin und gab es sogar an ihr Nährmedium ab (das natürlich zur Ermöglichung ihres Wachstums gerade eben ausreichende Mengen von Nikotinsäure enthalten muß), konnte also ihren Block erst *hinter* dem Kynurenin haben. Ihr ließ sich statt mit Nikotinsäure auch mit einem Extrakt aus wiederum einer neuen, nikotinsäure-bedürftigen Mutante helfen, und der wirksame Stoff darin war, wie die Isolierung ergab, Oxyanthranilsäure. Also gehört auch diese Substanz in die Synthesekette der Nikotinsäure, und die Mutante, die sie produziert und doch Nikotinsäure als Wachstumsfaktor braucht, muß ihren Block hinter der Oxyanthranilsäure haben, denn sonst würde sie diese weiterverarbeiten, wie die kynurenin-produzierende Mutante das ja tut. Auf Grund rein chemischer Überlegungen war nun zwischen Kynurenin und Oxyanthranilsäure noch mindestens eine weitere Stufe anzunehmen, doch fand sich diesmal keine Mutante mit einem Mutationsblock an entsprechender Stelle. Also blieb das theoretisch zu postulierende Zwischenprodukt zwischen Kynurenin und Oxyanthranilsäure, das Oxykynurenin, längere Zeit auf dem Papier stehen, bis es gelang, Oxykynurenin als ein Zwischenprodukt der Insektenpigmentsynthese aus Fliegenpuppen als reines Kristallisat zu isolieren [*10*]. Gab man diese Substanz nun der kynurenin-produzierenden Neurosporamutante an Stelle von Oxyanthranilsäure oder Nikotinsäure, so wuchs sie auch damit. Ihren Syntheseblock hatte sie also tatsächlich zwischen Kynurenin und Oxykynurenin, welch letzteres sie — einfach durch Einführen einer OH-Gruppe in den Benzolring des Kynurenins neben der NH_2-Gruppe — nicht mehr herzustellen vermochte [*11*].

Daß die Syntheseketten des Augenpigmentes in Insekten einerseits und der Nikotinsäure in Neurospora (und wahrscheinlich auch in Säugetieren) andererseits vom Tryptophan bis zum Oxykynurenin identisch sind, wirft ein ganz neues Licht auf die Stammes- und Entwicklungsgeschichte und zeigt eine überraschend enge biochemische Verwandtschaft der verschiedenen Lebensformen. Der eben erwähnte Fall ist keineswegs das einzige Beispiel für das Vorliegen identischer Reaktionsketten in ganz verschiedenen Ordnungen von Lebewesen. Um nur *ein* wichtiges weiteres Beispiel zu nennen: der zuerst an Säugetieren aufgefundene Harnstoffzyklus, in welchem aus Ornithin über Citrullin das Arginin entsteht, welch letzteres unter Abspaltung von Harnstoff wieder in Ornithin zurückverwandelt wird, findet sich ebenfalls in Neurospora [*12*] und auch in anderen Mikroorganismen, und jeder einzelne chemische Schritt dieses Zyklus erwies sich als abhängig von einem bestimmten Gen, das den Kreislauf durch Mutation auf der zugehörigen Stufe unterbrechen kann. Eben dadurch gelang der saubere Nachweis dieses Zyklus in Neurospora.

Die Tryptophankette ließ sich nach beiden Seiten hin noch verlängern. Mit Hilfe von Leberschnitten gelang es, nicht nur Oxyanthranilsäure, sondern auch Dioxyanthranilsäure in chemisch nachweisbare Nikotinsäure zu verwandeln. Also sollte diese Säure ein weiteres Zwischenprodukt der Kette sein. Man sieht auch hier wieder, wie sich die verschiedensten Methoden und die Benutzung verschiedenster Organismen gegenseitig ergänzen, wenn nur einmal irgendwo der Anfang gemacht ist. Man nimmt an, daß der Benzolring zwischen den beiden OH-Gruppen der Dioxyanthranilsäure in einer neuen Stufe geöffnet wird, wobei eine ungesättigte Oxo-amino-dicarbonsäure entsteht, die sicherlich sofort den heterozyklischen Ring der Nikotinsäure schließt. Damit befindet sich der Stickstoff im Ring, und das Kunststück ist vollbracht, aus einem Benzol- einen Pyridinring zu machen. In allen Einzelheiten sind jedoch diese letzten Stufen der biologischen Nikotinsäure-Synthese noch nicht gesichert.

Am anderen Ende der Kette ließ sich weiteres über die Synthese des Tryptophans erfahren. Zunächst wird Anthranilsäure in Indol verwandelt, wobei merkwürdigerweise die Carboxylgruppe, die doch, sollte man annehmen, für den neu anzulegenden Ring gut gebraucht werden könnte, als CO_2 eliminiert wird (Nachweis mit isotopem Kohlenstoff). Die Natur hat offenbar durchaus ihre eigenen chemischen Methoden. In der nächsten Stufe werden dann Indol und Serin (das in einer eigenen Synthesekette aufgebaut wird) direkt unter Wasserabspaltung zu Tryptophan vereinigt.

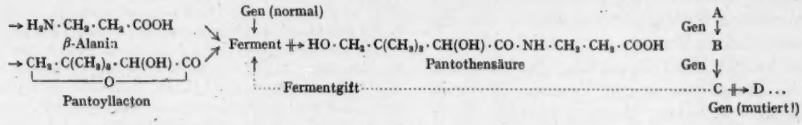
Damit ist diese Kette, soweit sie bisher analysiert werden konnte, vollständig und gewissermaßen als Paradefall geschildert worden. Sie sei hier noch einmal im Zusammenhang durch die entsprechenden chemischen Formeln wiedergegeben:



Statt der Aufzählung weiterer detaillierter Beispiele für Syntheseketten, die schon an anderer Stelle ausführlicher besprochen wurden [*13*], scheint es am Platze, zum Schluß noch einige teils unerwartete, teils für die Analyse solcher Ketten typische Schwierigkeiten herauszustellen.

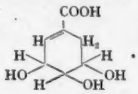
So wurde z. B. der merkwürdige Befund erhoben, daß eine Neurospora-Mutante, welche die letzte Stufe der Biosynthese der Pantothensäure nicht mehr aus-

führen kann, nichtsdestoweniger die beiden miteinander zu verknüpfenden Vorprodukte Pantoyllacton und β-Alanin sowie das die Verknüpfung katalysierende Ferment enthält. Mit andern Worten: es scheint der Mutante nichts für die Überwindung der letzten Stufe zu fehlen, und doch entsteht keine Pantothensäure.



Solche und ähnliche Fälle lenken die Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit einer ganz besonderen Form genetischer Blocks von Syntheseketten. Während nämlich für den „Normalfall" anzunehmen ist, daß infolge der Mutation eines bestimmten Gens ein unmittelbar von ihm abhängiges Ferment *ausfällt*, welches seinerseits den Ablauf einer bestimmten Synthesestufe zu katalysieren hat („Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese"), kann die Blockierung einer Synthesekette genau so gut auch dadurch zustandekommen, daß als Folge der Mutation eines Gens, welches an der blockierten Synthesekette *gar nicht beteiligt ist*, ein Stoff entsteht oder angehäuft wird, welcher zufällig ein in der betreffenden Synthesekette arbeitendes Enzym spezifisch zu *hemmen* vermag. Man muß sich also bei der Analyse der Syntheseketten wegen ihrer vielfältigen Verflechtung auf allerhand überraschende Wendungen gefaßt machen, die zwar durchaus Konsequenzen der gemachten Voraussetzungen und der tatsächlichen Verhältnisse sind, aber trotzdem erst im Verlauf der experimentellen Arbeit klar erkannt werden.

Deshalb bedurfte es auch eines konkreten Falles für die Feststellung, daß Mutanten, welche mehrere typische Wachstumsfaktoren *auf einmal* benötigen und nicht nur einen, deshalb doch Träger nur einer einzigen Genmutation sein können und nicht notwendigerweise mehrerer zugleich. Es gibt z.B. einen Coli-Stamm, der gleichzeitig Tyrosin, Phenylalanin, Tryptophan und p-Aminobenzoesäure erhalten muß, um wachsen zu können. Hierbei fällt auf, daß alle 4 Substanzen aromatische Verbindungen darstellen, und es liegt daher der Gedanke nahe, daß in diesem Coli-Stamm nicht vier voneinander unabhängige Syntheseketten unterbrochen sind, sondern vielleicht nur eine, nämlich die, über welche der aromatische Benzolring aufgebaut wird. In der Tat stellte sich dann auch heraus [*14*], daß man die 4 Aminosäuren durch eine einzige Substanz ersetzen kann, die zwar selbst kein Aromat ist, aber chemisch in sehr naher Beziehung dazu steht:

es ist die Shikimisäure 

. Hieraus kann durch Wasserabspaltung ohne weiteres der Benzolring gebildet werden. Obwohl man bei diesem Coli-Stamm nicht die Möglichkeit hat, sich durch entsprechende Kreuzungsversuche vom Vorhandensein *nur eines* mutierten Gens mit Sicherheit zu überzeugen, legt doch die Tatsache, daß eine einzige Substanz den Defekt der Mutante beheben kann, diese Auffassung nahe. Übrigens gibt es auch bei Neurospora Fälle von nur scheinbarem Doppel- oder Mehrfachbedarf an bestimmten Wachstumsfaktoren als Folge einer einzigen Genmutation.

Die Verhältnisse werden also zwangsläufig immer unübersichtlicher, je weiter man sich von den Endprodukten der Syntheseketten auf die Ausgangsmaterialien hin entfernt. Die Shikimisäure ist eine immerhin schon ziemlich ausgefallene Substanz, und die Aussicht, in solchen Fällen das Richtige zu treffen, ist nicht eben groß. Dazu kommt, daß es offensichtlich um so schwieriger wird, eine Mutante mit definierten Gemischen bekannter Wachstumsfaktoren am Leben zu erhalten (nämlich bis man die eigentlich fehlende Substanz gefunden hat, was sonst nicht gut möglich wäre), je mehr Kettenverzweigungen hinter dieser eigentlich fehlenden Substanz auftreten, je vielfältigere Verwendung sie also findet. Die durchzuprobierenden Kombinationsmöglichkeiten für die Faktorengemische wachsen mit jeder Verzweigung natürlich rapide an. Erst bei unmittelbarer Annäherung an die ersten genabhängigen Umwandlungsreaktionen, denen gewisse Bestandteile des Nährmediums unterliegen, nehmen die Schwierigkeiten wegen der Konvergenz der Ketten bis zu einem gewissen Grade wieder ab. So weiß man z.B. schon, daß das Nitrat als Stickstoffquelle assimiliert wird, indem es in organischer Bindung über die Nitrit- bis zur Ammoniakstufe reduziert wird. Die Genblocks sind für die entsprechenden Stufen bekannt, doch noch nicht die tieferen chemischen Zusammenhänge. Dasselbe gilt für die Schwefelassimilation aus dem Sulfat des Mediums. Etwa die Hälfte aller bisher bekannten Mutanten von Neurospora haben ihre Blocks in den verschiedenen Stufen des Schwefelstoffwechsels. Der Assimilationsweg verläuft vom Sulfat, das zunächst gleich dem Nitrat organisch gebunden werden muß, über Sulfit, Thiosulfat, Cystein-Sulfinsäure schließlich zum Cystein.

Wenn uns nun auch die Neurospora-Methode und ihre Varianten ungeahnt tiefe Einblicke in die chemischen Werkstätten der Organismenwelt gewährt haben, so ist doch damit noch nicht das letzte Tor zum Verständnis der genabhängigen Merkmalsentstehung aufgestoßen. Es liegt dies nicht nur an der erwähnten Häufung der Schwierigkeiten bei weiterem Fortschreiten auf dem neu erschlossenen Wege, sondern es handelt sich vielmehr darum, daß ganz bestimmte Eigenschaften des Lebendigen mit der neuen Methode allein gar nicht erfaßt werden können, obwohl diese doch eine der Voraussetzungen für deren Bearbeitung darstellt. Wir denken daran, daß etwa für das Zustandekommen typisch morphologischer Charaktere chemische Syntheseketten allein, soweit wir sie bisher kennen, keineswegs ausreichen. Eine bestimmte genabhängige Flügelform bei einem Insekt etwa bedarf zwar zu ihrer Ausprägung des Chitins — als Substrat gewissermaßen —, und dieses muß als chemische Substanz über eine zweifellos genabhängige Synthesekette aufgebaut werden. Aber weshalb es dann als deren Endprodukt gerade in dieser und keiner anderen Struktur und Form abgelagert wird, das ist nicht

Sache *einer* Synthesekette, sondern höchstwahrscheinlich Ergebnis der genauen *zeitlichen* Abstimmung sehr *zahlreicher* chemisch-synthetischer, mechanischer, osmotischer und sonstiger Vorgänge, die alle in geordneter Weise neben- und nacheinander zusammenwirken müssen, damit die morphologisch eindeutige Struktur immer wieder als „Endprodukt" von nun keineswegs nur mehr chemischem Charakter herauskommt. Es handelt sich in solchen Fällen gewissermaßen um die Abbildung eines zeitlichen Musters in räumlicher Form. Man denke z. B. an die Bildtelegraphie, die geradezu auf der Tatsache der gegenseitigen Vertauschbarkeit von räumlichen und zeitlichen Mustern beruht, dann wird man ohne weiteres verstehen, was gemeint ist, und sehen, wie weit der Weg noch ist, bis man mit Hilfe biochemisch-dynamischer Studien auch den typisch morphologischen Charakteristika der Organismen auf die Spur kommen, d. h. ihre genabhängige Entstehung begreifen lernen wird. Erst muß man einmal alle tragenden Syntheseketten und ihre rein chemischen Verflechtungen herausarbeiten, darauf ihr gegenseitiges zeitliches Ineinandergreifen im lebenden Organismus analysieren, und dann erst wird man so weit sein, die Teile zum Ganzen sich zusammenfügen zu sehen.

Literatur.

[1] BECKER, E.: Naturwiss. **26**, 433 (1938). — [2] WEIDEL, W.: Diss. Berlin 1941. — [3] BEADLE, G. W., and E. L. TATUM: Proc. nat. Acad. Sci. **27**, 499 (1941). — [4] BEADLE, G. W.: Sci. Progr. **5**, 166 (1947). — [5] DODGE, B. O.: J. agric. Res. **35**, 289 (1927). — [6] LINDEGREN, C. C.: Iowa State Coll. J. Sci. **16**, 271 (1942). — [7] MCCLINTOCK, B.: Amer. J. Bot. **32**, 671 (1945). — [8] DAVIS, B. D.: Proc. nat. Acad. Sci. **35**, 1 (1949). — [9] LEDERBEG, J., and N. ZINDER: J. Amer. chem. Soc. **70**, 4269 (1948). — [10] BUTENANDT, A., W. WEIDEL u. H. SCHLOSSBERGER: Z. Naturforschg. **4b**, 242 (1949). — [11] HASKINS, F. A., and H. K. MITCHELL: Proc. nat. Acad. Sci. **35**, 500 (1949). — [12] SRB, A. M., and N. H. HOROWITZ: J. Biol. Chemistry **154**, 129 (1944). — [13] WEIDEL, W.: Naturwiss. Rdsch. **3**, 57, 108 (1950). — [14] DAVIS, B. D.: Experientia **6**, 41 (1950).

Max-Planck-Institut für Biologie, Abt. Melchers.

Eingegangen am 1. Juli 1951.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Homöopolare und metallische Bindung beim Diamanten.

Ausgehend von der Frage nach der Elektronenkonfiguration in Kristallen gelangt man zu dem Problem, welcher Zusammenhang zwischen verschiedenen Arten der Beschreibung und Berechnung der chemischen Bindungen im Kristallgitter besteht. Die Bindung im *Diamanten* kann einerseits nach HUND[1]) durch die Überlappung gerichteter Atomeigenfunktionen als *homöopolare Bindung* zwischen Nachbaratomen aufgefaßt werden, andererseits kann man das Diamantgitter mit Hilfe der Zellenmethode[2]) im Sinn einer *metallischen Bindung* behandeln. Letzteres ist in der Literatur bis zum Energiebänderschema durchgeführt[1]),[3]). In der vorliegenden Arbeit wurde die homöopolare Bindung wellenmechanisch bis zur Aufstellung des Bänderschemas und der Gittereigenfunktionen durchgerechnet, ferner wurden die vorhandenen Rechnungen der metallischen Bindung bis zur expliziten Darstellung der metallischen Gittereigenfunktionen der Valenzelektronen weitergeführt und die Ergebnisse beider Näherungen verglichen.

Den Ausgangspunkt für die Behandlung im Sinn homöopolarer Bindungen bildeten gerichtete Atomeigenfunktionen[4]),[5]) als Linearkombinationen aus wasserstoffähnlichen Funktionen des C-Atoms[6]): $\Psi(\mathfrak{r}) = \frac{1}{2}\,[s_2(r) \pm p_{2x} \pm p_{2y} \pm p_{2z}]$. Es zeigte sich dabei, daß eine wellenmechanische Störungsrechnung in erster Näherung mit zwei COULOMBschen und zwei Resonanzintegralen folgendes Bandmodell für den tatsächlichen Wert der Gitterkonstanten ergibt: Vier energetisch tief liegende Bänder E_1 bis E_4 grenzen aneinander und sind in Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen der Zellenmethode voll besetzt. E_3 und E_4 fallen mit der oberen Grenze von E_2 zusammen und spalten in dieser Näherung noch nicht auf. Von ihnen durch eine breite Bandlücke getrennt, folgen vier unbesetzte Bänder E_5 bis E_8, die im Bänderschema genau spiegelbildlich zu den besetzten liegen, d. h. ihre untere Grenze bilden zwei nicht aufgespaltene Bänder E_5 und E_6 als Spiegelbilder zu E_4 und E_3. Daran schließen sich nach oben die beiden aufgespaltenen Bänder E_7 und E_8 an. Diese Bandumkehr der oberen Bänder ist ein spezielles Resultat der homoöpolaren Näherung. Die zu den Energiebändern gehörigen Gittereigenfunktionen wurden explizit ausgerechnet; die der oberen Bänder besitzen in der Mitte zwischen zwei Nachbaratomen einen Knoten, was nach HUND[7]) eine Abstoßung der beiden Nachbaratome bedeuten würde, wenn die Eigenfunktionen besetzt wären.

Die Zellenmethode als das der metallischen Bindung angepaßte Rechenverfahren liefert das bekannte Bänderschema des Diamants[1]),[3]), welches nun mit Hilfe der bei der homöopolaren Näherung gewonnenen Bandumkehrung der oberen Bänder nach höheren Energiewerten erweitert werden konnte. Die oberen Bänder müssen danach noch eine weitere Kreuzungsstelle aufweisen, damit die unbesetzten Bänder bei der experimentellen Gitterkonstanten in richtiger Lage erscheinen. Ferner wurden die zur metallischen Bindung gehörigen Gittereigenfunktionen berechnet. Es gelang, sie algebraisch so zu transformieren, daß ihre Invarianz gegen die Symmetrieoperationen der Diamantstruktur in Erscheinung tritt. [Für Molekeln wurde ein entsprechendes Transformationsverfahren von LENNARD-JONES[8]) angegeben, die dort aufgestellten Bedingungen sind auch hier erfüllt.] Es zeigte sich, daß die Gittereigenfunktionen der metallischen Näherung mit denen der homöopolaren übereinstimmen.

Die beiden Auffassungen: homöopolare Bindung zwischen Nachbaratomen und metallische Bindung des Gitters liefern also dasselbe Energiebändermodell. Die zugehörigen Gittereigenfunktionen lassen sich in beiden Näherungen als „gerichtete Gittereigenfunktionen" zwischen Nachbaratomen darstellen, das bedeutet eine Elektronenkonzentration „längs der Valenzstriche" im Kristallgitter. Die beiden geschilderten Auffassungen der chemischen Bindung sind also im Diamantgitter identisch. Vermutlich ist das jedoch in metallischen Gittern nicht immer der Fall.

Institut für theoretische und angewandte Physik der Technischen Hochschule Stuttgart.

K. GANZHORN.

Eingegangen am 14. Dezember 1951.

[1]) HUND, F., u. B. MROWKA: Ber. Sächs. Akad. Wiss. **87**, 186, 325 (1935).
[2]) WIGNER, E., u. F. SEITZ: Physic. Rev. **43**, 804 (1933); **46**, 509 (1934).
[3]) KIMBALL, G.: J. Chem. Physics **3**, 560 (1935).
[4]) SLATER, J. C.: Physic. Rev. **37**, 481 (1931); **38**, 1109 (1931).
[5]) PAULING, L.: J. Amer. Chem. Soc. **53**, 1367 (1931).
[6]) TORRANCE, C. C.: Physic. Rev. **46**, 388 (1934).
[7]) HUND, F.: Z. Physik **73**, 1, 565 (1932); **74**, 1 (1932).
[8]) LENNARD-JONES, J.: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. **198**, 1 (1949).

Trennung von Ionen in Ionenaustauschersäulen durch Ionophorese.

Angeregt durch die Versuche zur Bestimmung von Ionenbeweglichkeiten in Ionenaustauschermembranen[1]) wurde eine Methode ausgearbeitet, um Gemische von Kationen in Kationaustauscher- und von Anionen in Anionaustauschersäulen durch Ionophorese in die einzelnen Ionenarten zu trennen.

Die Trennung erfolgt durch den durch die Austauschersäule durchgeschickten elektrischen Gleichstrom nach dem Prinzip der sich bewegenden Grenzflächen[2]), wobei sich die

Ionen in der Austauschersäule im elektrischen Feld nach ihrer Beweglichkeit so ordnen, daß die sich am schnellsten fortbewegenden Ionen vorauswandern, die zweitschnellsten hinterher und am Schluß die langsamsten kommen. Dementsprechend verteilt sich auch der Spannungsabfall in der ganzen Säule. Im Gebiet der sich am langsamsten bewegenden Ionen liegt der steilste und im Gebiet der schnellsten der flachste Spannungsabfall. Die Grenzen zwischen den einzelnen Ionensorten sind sehr scharf. Begünstigt wird die Trennung durch die größere Unterschiedlichkeit der einzelnen Ionenbeweglichkeiten in Ionenaustauschern.

Die Trennung wurde in einer waagerecht liegenden Austauschersäule von 8 cm Länge und 1,5 cm² Querschnitt durchgeführt. Als Ionenaustauscher wurden Kationaustauscher mit sulfosauren Gruppen und Anionaustauscher mit quaternären Ammoniumbasen als Austauschergruppen verwendet, und zwar in ihrer basischen bzw. säuren Form. Das Elektrolytgemisch gab man in eine Kammer, die sich unmittelbar auf der einen Seite der Austauschersäule befand und mit zwei Glassinterplatten nach beiden Seiten abschloß. Die eine Elektrode befand sich auf der einen Seite der Kammer, die andere auf der anderen hinter der Ionenaustauschersäule. Die angelegte Spannung betrug 120 V. Es durchfloß die Apparatur ein Gleichstrom von etwa 0,005 bis 0,020 Amp. An den beiden platinierten Platinelektroden von etwa 1 cm² Fläche ließ man destilliertes Wasser vorbeiströmen.

So gelang es, aus einem Gemisch von anorganischen Kationen bei Verwendung der Kationaustauschersäule einzelne Kationarten getrennt aufzufangen, ebenso anorganische Anionen bei Verwendung der Anionaustauschersäule.

Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.

G. Manecke.

Eingegangen am 5. Januar 1951.

[1]) Manecke, G., u. K. F. Bonhoeffer: Z. Elektrochem. **55**, 475 (1951).
[2]) Mac Innes, D. A.: The Principles of Elektrochemistry, S. 68. New York: Reinhold Publishing Corporation 1939.

Die Darstellung pulverförmiger Gold-Silber-Legierungen bei Zimmertemperatur.

In Fortführung unserer Versuche zur Gewinnung pulverförmiger Edelmetallegierungen bei Zimmertemperatur[1]) stellten wir auch derartige Legierungen im System Gold-Silber her. Hierin besteht bekanntlich vollkommene Mischbarkeit der Komponenten, Erhaltung des kubisch-flächenzentrierten Gitters und Fehlordnung vom Substitutionstyp. Die einzelnen Legierungen hatten äußerst kleine röntgenographisch bestimmte Primärteilchen. Durch Erhitzen auf höhere Temperatur und in Abhängigkeit von der Zeit kann jede beliebige Primärteilchengröße erhalten werden, wie sie zur Absolutbestimmung wärmeschwingungsartiger Gitterstörungen mit dem Interferenzzählrohr[2]),[3]) benötigt werden, um die Einflüsse der Extinktion auf die gemessenen Integralintensitäten auszuschalten.

Die Darstellung der für die Fällung benötigten chloridfreien Aurinitratlösung erfolgte durch Auflösen von chloridfrei gewaschenem Aurihydroxyd mit kaliumnitratgesättigter konzentrierter Salpetersäure bei Gegenwart von Kaliumnitrat als Bodenkörper. Aus analysierten Auri- und Silber-Nitrateinzellösungen wurden Gemische hergestellt, die Gold- und Silber-Ionen in dem gewünschten Mengenverhältnis enthielten. Die Mischung wurde jeweils unter intensivem Rühren in einem Guß in eine gekühlte Lösung eingetragen, die Natronlauge und Formaldehyd in einem berechneten konstanten Überschuß enthielt. Die Reduktion ging unter heftigem Aufschäumen vor sich. Nach 20maligem Dekantieren mit heißem Wasser und 5maligem mit absolutem Alkohol wurden die Präparate 2 Std bei 110° C getrocknet. Die Analysensumme der im Abstand von etwa 25 Atomprozenten hergestellten schwarzen bis braunschwarzen Substanzen lag nie unter 99,9%; die Präparate waren sehr rein.

Qualitativ hergestellte Debyeogramme, Rückstrahlaufnahmen und Vermessungen mit dem Interferenzzählrohr der bei 110° C getrockneten Präparate zeigten eine außerordentliche Feinteiligkeit an; mit Ausnahme der beiden reinen Komponenten liefen die Kurven der Integralintensitäten einzelner reflektierender Ebenen bei Kupferstrahlung teilweise ineinander. Da die Gitterkonstanten im System Gold-Silber nach den Angaben von Sachs und Weerts[4]) sich nicht stark ändern, wurden alle Präparate 4 Std bei 350° C getempert, um aus der klaren α_1— α_2-Aufspaltung der letzten Linie die Gitterkonstante nach Straumanis[5]) zu bestimmen. In Fig. 1 sind die Konstanten gegen die Atomprozente Silber aufgetragen; man erkennt, daß die Gitterkonstanten unserer pulverförmigen Legierungen sehr gut mit den Literaturwerten[4]) übereinstimmen. Über die Ergebnisse der Absolutbestimmung wärmeschwingungsartiger Gitterstörungen und ihre Beziehung

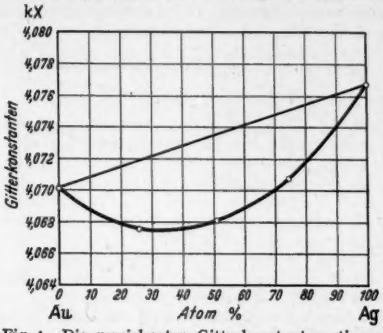


Fig. 1. Die gezeichneten Gitterkonstanten stimmen mit den Literaturwerten vollkommen überein.

zu anderen physikalischen Eigenschaften in dieser vollkommenen Mischkristallreihe soll, wenn die äußeren Umstände es zulassen, an anderer Stelle berichtet werden.

Stuttgart, Laboratorium für anorganische Chemie der Technischen Hochschule.

F. Hund und E. Trägner.

Eingegangen am 10. Dezember 1951.

[1]) Hund, F., u. J. Müller: Naturwiss. **38**, 303 (1951).
[2]) Hund, F., u. R. Fricke: Naturwiss. **37**, 424 (1950).
[3]) Fricke, R., u. K. Heinle: Z. Elektrochem. **55**, 261 (1951).
[4]) Sachs, G., u. J. Weerts: Z. Physik **60**, 481 (1930). Vgl. Strukturbericht, Bd. II, S. 623—624. 1928—1932.
[5]) Straumanis, M., u. A. Ievinš: Die Präzisionsbestimmung der Gitterkonstanten nach der asymmetrischen Methode. Berlin: Springer 1940.

Photometrische Bestimmung der Umwandlung von Kreatin in Kreatinin.

Kreatinin, das Anhydrid des Kreatins, besitzt ein p_H-abhängiges, einer der möglichen isomeren Formen der Molekel zuzuordnendes Absorptionsspektrum (Fig. 1) mit $\lambda_{max} = 234\,m\mu$

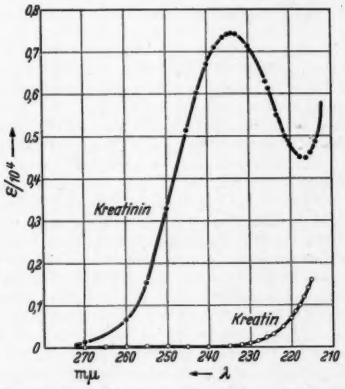


Fig. 1. Absorptionsspektren von Kreatinin und Kreatin. Ordinate: $\varepsilon/10^4 = 1/c \cdot l \cdot \log_{10} I_0/I$, wobei c = Konzentration von Kreatinin bzw. Kreatin in Molen/cm³; I_0 = Intensität des einfallenden und I = Intensität des austretenden Lichts; l = Schichtdicke in cm; Abszisse: Wellenlänge λ in mμ. Phosphatpuffer $p_H = 7{,}38$.

und $\lambda_{min} = 216\,m\mu$ und den molaren Extinktionskoeffizienten $\varepsilon_{234} = 0{,}742 \cdot 10^4$ bzw. $\varepsilon_{216} = 0{,}434 \cdot 10^4$ (Beckman-Spektrophotometer, Modell DU).

Wegen der geringen Absorption des Kreatins in diesem Spektralbereich kann Kreatinin neben Kreatin oder Kreatin nach Überführung in das Anhydrid photoelektrisch bestimmt werden.

Die durch Wasserstoffionen katalysierte Anhydrisierung ist eine reversible Reaktion erster Ordnung:

$$\text{Kreatin} - H_2O \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} \text{Kreatinin},$$

deren Gleichgewicht auf der Seite des Kreatinins liegt ($k_1 = 0{,}1685$; $k_2 = 0{,}0047$ für 2,667 n HCl). Mit abnehmender H^+-Konzentration nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit ($k_1 + k_2 = K$) ab, der das Gleichgewicht bestimmende

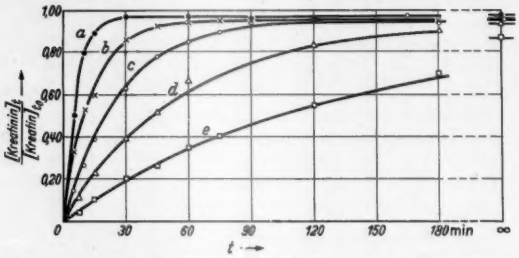


Fig. 2. Die Umwandlung von Kreatin zu Kreatinin in salzsaurer Lösung bei 100° C. Ausgezogene Kurven berechnet, Meßwerte markiert. Kreatinkonzentration zu Beginn des Versuches ($[t_0]$) = $1 \cdot 10^{-5}$ Mole/cm³. Zur Messung wurden die Lösungen nach Neutralisation mit Phosphatpuffer 100fach verdünnt. Ordinate: Verhältnis des in der Zeit t gebildeten Kreatinins zur Menge des vorgelegten Kreatins; Abszisse: Reaktionsdauer in min.

Quotient k_1/k_2 wird kleiner. Die bei verschiedenen HCl-Konzentrationen photometrisch bestimmten Werte stimmen mit den berechneten Kurven ausreichend überein.

Physiologisch-Chemisches Institut der Universität Hamburg.

Karl Gaede und Rolf Grüttner.

Eingegangen am 17. November 1951.

Beitrag zur Papierchromatographie von Glycylpeptiden.

Vor kurzem veröffentlichten Brockmann und Musso an dieser Stelle einige Ergebnisse über die Möglichkeit zur Trennung von Glycylpeptiden mittels der Papierchromatographie und dabei auftretende Regelmäßigkeiten hinsichtlich der Zunahme der R_F-Werte mit steigender Kettenlänge[1]). Der eine von uns (Heyns) hatte sich zu dieser Frage etwa gleichzeitig in der „Zeitschrift für Physiologische Chemie" geäußert[2]). Die Ergebnisse der beiden Veröffentlichungen unterscheiden sich nur in einem Punkt, nämlich in der Frage des Verhaltens des Hexaglycins. Während Hexaglycin bei Brockmann und Musso über das Pentaglycin hinauslief, konnten wir diese Feststellung nicht machen, sondern wir gewannen vielmehr den Eindruck, daß die Masse der aufgetropften Substanz am Startpunkt hängenblieb. Wir haben zur Klärung der Unstimmigkeit die Untersuchung dieser Substanzen erneut aufgenommen und durch zusätzliche Prüfung des Nonaglycins erweitert. Wir stellten dabei fest, daß die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen von Brockmann und Musso und den von uns beobachteten Verhältnissen auf die verschiedenartigen Papiersorten zurückzuführen ist, die in den beiden Arbeitskreisen verwendet wurden. Das von uns damals verwendete Papier Schleicher und Schüll gestattet eine Anfärbung des Hexaglycins nicht mehr; nur auf dem Startpunkt ist bei Anwendung größerer Konzentrationen eine schwache braunrote Färbung wahrzunehmen. Diese Feststellung gab Veranlassung zu der damals geäußerten Auffassung, daß „die Entwicklungsfähigkeit und damit die Brauchbarkeit der Papierchromatographie" eben beim Hexaglycin aufhöre, wenn man Phenol als Lösungsmittel verwendet. Bei Benutzung von Whatmann Nr. 1 konnten wir die Ergebnisse von Brockmann und Musso bestätigen, nachdem unsere ursprüngliche Vermutung eines etwaigen chemischen Unterschiedes im verwendeten Hexapeptid — bei uns durch systematischen Aufbau durch jeweilige Kupplung mit Chloracetylchlorid nach Aminierung, bei Brockmann und Musso durch Polymerisation des Esters mit nachfolgender Verseifung dargestellt — sich nicht als stichhaltig erwies.

Bei dieser Gelegenheit machten wir die Beobachtung, daß die Glycylpeptide mit steigender Zahl von Glycinresten in Konzentrationen, bei denen die Aminosäuren vollkommen definierte Flecken liefern, zur Ausbildung langer „Schwänze" neigen, die sich bis zum Startpunkt ausdehnen können. Mit dieser Erscheinung scheint uns nun in der Tat eine Grenze der Anwendbarkeit der Papierchromatographie für die höheren Glycinpeptide in den derzeit für die Trennung der Aminosäuren gebräuchlichen Lösungsmitteln gegeben zu sein. Beim Hexaglycin beginnt diese Erscheinung bereits aufzutreten, wenn 10 γ Substanz auf den Startpunkt gebracht werden, während die untere Grenze der Anfärbbarkeit in der gleichen Größenordnung liegt. Es war zu erwarten, daß sich diese Störung beim Fortschreiten zum Nonaglycin noch verstärken würde. Die Untersuchung ergab, daß sich das Nonaglycin auf dem Papier (auch auf Whatmann-Papieren) mit Ninhydrin nicht mehr anfärben läßt. Zur Feststellung des R_F-Wertes wurden in diesem Falle Zerlegungschromatogramme[3]) hergestellt und diese in Streifen einer Breite von 0,05 R_F unterteilt. Nach Elution der jeweils auf dem Streifen befindlichen Substanz und dem Verdampfen des Wassers unter vermindertem Druck wurden die Proben mit 6n HCl hydrolysiert (geschlossene Kapillaren bei 110° C) und nach weitgehender Entfernung der Salzsäure erneut chromatographiert. Hierbei zeigte es sich, daß auf dem gesamten Chromatogramm vom Startpunkt bis zur Lösungsmittelfront auf diese Weise Glycin nachweisbar war. Wir nehmen daher an, daß beim Nonaglycin die oben aufgezeigte Grenze für die Anwendbarkeit der Papierchromatographie überschritten ist.

Aus der Tatsache der Nichtanfärbbarkeit des Nonaglycins mit Ninhydrin ergab sich die Möglichkeit zur Prüfung, ob bei der Papierchromatographie dieses Polypeptides eine abbauartige Zersetzung festzustellen sein würde. Für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Anwendungsmöglichkeit der papierchromatographischen Methode bei der Analyse von Partialabbaugemischen erschienen dementsprechende Erfahrungen wertvoll zu sein. Es wurde daher die gesamte auf einem Zerlegungschromatogramm des Nonaglycins befindliche Substanz eluiert und nach dem Abdampfen des Lösungsmittels mit wenig Wasser aufgenommen und erneut chromatographiert. Das hierbei erhaltene Chromatogramm wies keine mit Ninhydrin anfärbbaren Substanzen auf, woraus zu schließen ist, daß das Nonaglycin bei der Papierchromatographie nicht abgebaut wird. Andernfalls müßten entweder ein Glycinfleck oder die Flecken niederer Glycylpeptide aufgetreten sein.

Die mitgeteilten Beobachtungen scheinen für das Verständnis der bei der Papierchromatographie von Partialhydrolysaten[4]) beobachteten Bildung von „Schleiern" oder „Untergrundfärbungen" von Bedeutung zu sein, die offensichtlich von einer Überlagerung durch Gemische höherer Polypeptide herrühren, die zu der beschriebenen extremen Schwanzbildung neigen.

Chemisches Institut der Universität Hamburg.

K. Heyns und W. Walter.

Eingegangen am 17. Dezember 1951.

[1]) Brockmann, H., u. H. Musso: Naturwiss. **38**, 11 (1951).
[2]) Heyns, K., u. G. Anders: Z. physiol. Chem. **287**, 8 (1951).
[3]) Heyns, K., u. G. Anders: Z. physiol. Chem. **287**, 109 (1951).
[4]) Heyns, K., G. Anders u. E. Becker: Z. physiol. Chem. **287**, 120 (1951).

Über den Nachweis von Nucleinsäuren in den Chloroplasten höherer Pflanzen.

Die Arbeiten der Casperssonschen Schule haben uns zu der Ansicht geführt, daß eine Vermehrung von Zelleiweißen nur in Gegenwart von Nucleinsäuren erfolgen kann[1]). Andererseits sprechen die engen Beziehungen zwischen der Plastidengröße und der Stickstoffversorgung der höheren Pflanzen dafür, daß die Chloroplasten ihre Eiweißkomponente selbständig zu synthetisieren vermögen[2]). Demnach müßten also in den Plastiden Nucleinsäuren bzw. Nucleoproteide enthalten sein. Ob das zutrifft, sollen die nachstehenden Untersuchungen zeigen[3]).

Der Ausfall der Feulgen-Reaktion gestattete keine eindeutigen Schlüsse: In allen untersuchten Fällen — es wurde mit intakten Blättern von *Elodea callitrichoides* (Wassersternähnliche Wasserpest) und anderen Wasserpflanzen, sowie mit Flächenschnitten der Blattunterseite von *Agapanthus umbellatus* (Schmucklilie) gearbeitet — zeigte sich zwar eine positive Nuclealreaktion der Plastiden, doch färbten sich zumeist auch die nicht hydrolysierten Kontrollpräparate.

Wichtige Aufschlüsse über die Verteilung der Nucleinsäuren lieferten dagegen Beobachtungen über die Speicherung der basischen Farbstoffe Methylgrün und Pyronin in alkoholfixierten und entfetteten Zellelementen. Nach den Untersuchungen zahlreicher Autoren färbt eine 1%ige Lösung gereinigten Methylgrüns in 0,75%iger Essigsäure spezifisch Desoxyribonucleinsäure[4]). Dagegen reagieren mit 1%iger wäßriger Pyroninlösung sowohl desoxyribo- als auch ribonucleinsäurehaltige Komplexe[5]). Innerhalb der Plastiden

wurde das Methylgrün allein von den Grana gespeichert; das Pyronin ergab bisweilen eine verwaschene Stromafärbung. Um aus der Basophilie einer Zellstruktur auf deren Nucleinsäuregehalt schließen zu können, bedarf es natürlich des Hinzuziehens spezieller Methoden. Leider waren für fermentatives Arbeiten geeignete hochgereinigte Nucleasen nicht zu beschaffen. Daher wurde die Färbbarkeit der Plastiden nach Einwirkung von Nucleinsäurelösungsmitteln untersucht.

Die bei der FEULGENschen Nuclealreaktion übliche Salzsäurehydrolyse (Einlegen der Schnitte in 60° C warme 1 mol Salzsäure für 15 min) entfernt die Ribonucleinsäure aus den Schnitten, ohne die Desoxyribonucleinsäure mit herauszulösen[6]). Es konnte festgestellt werden, daß in den hydrolysierten Geweben die Grana weiterhin reichlich Methylgrün speichern, Pyronin dagegen deutlich weniger. Nach Entfernen beider Nucleinsäuren durch Einlegen der Schnitte in 20%ige Trichloressigsäure (15 min bei 90° C)[7]) war die Basophilie der Plastiden vernichtet.

Einen weiteren Beweis für das Vorliegen *zweier* Nucleinsäuren in den Grana kann man durch die fraktionierte Lösung des färbbaren Komplexes erbringen: Legte man die fixierten Präparate — diese Versuche wurden nur an *Agapanthus*-Flächenschnitten durchgeführt — für 2 bis 3 Std (bei 37° C) in 0,14 bzw. 1 mol NaCl-Lösungen ein, so ging in der verdünnten Lösung nur die Speicherungsfähigkeit für das Pyronin zurück, während die 1 molare Lösung bevorzugt den durch Methylgrün anfärbbaren Komplex entfernte.

Auch Versuche mit proteolytischen Fermenten sprechen für den Nucleoproteidgehalt der Plastiden. Lebende Chloroplasten starben in Pepsinsalzsäure rasch ab, wurden aber relativ schwach verändert; das Chlorophyll wurde zerstört, und es traten Myelinfiguren auf, doch ist das dem HCl-Gehalt des Fermentpräparates zuzuschreiben. Alkalische Trypsinpräparate ($p_H \approx 9$) hingegen brachten die Plastiden rasch zum Zerfall. Dabei widerstanden die Grana dem Angriff des Fermentes wesentlich länger als das Stroma; sie lagen zuletzt isoliert in der Zelle.

Setzte man den alkalischen Trypsinpräparaten geringe Mengen eines Nucleinsäurefällungsmittels zu, so blieben — bei Verwendung von 10^{-2} mol Streptomycinlösung[8]) — einerseits die Grana selbst erhalten; andererseits bewahrten die Plastiden auch ihre Strukturordnung noch, nachdem das Stroma bereits amöboid zu zerfließen begonnen hatte. Der Zusatz von Lanthannitrat — sowie die Verwendung auf $p_H = 7{,}5$ eingestellter Trypsin-Streptomycinpräparate — schützte auch das Stroma vor der Verdauung.

Die vorstehenden Experimente zeigen, daß die Grana — und anscheinend ebenso die Trägerlamellen — sich sowohl gegenüber proteolytischen Fermenten als auch gegenüber basischen Farbstoffen anders verhalten als das Plastidenstroma mit seiner Membran. Die Löslichkeitsverhältnisse ihres basophilen Komplexes deuten darauf hin, daß die Grana — vermutlich in Form von Nucleoproteiden — mindestens je eine Nucleinsäure vom Ribose- und Desoxyribosetyp enthalten. Im Stroma hingegen finden sich höchstens geringe Mengen von Ribonucleinsäure. STRUGGERS Annahme, wonach der Plastidogenkomplex an die stark färbbaren Strukturelemente der Chloroplasten gebunden sein soll[9]), gewinnt durch diese Befunde erheblich an Wahrscheinlichkeit.

Eine ausführliche Darstellung der mitgeteilten Ergebnisse wird demnächst an anderer Stelle erscheinen.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Göttingen.

HELMUT METZNER.

Eingegangen am 14. Dezember 1951.

[1]) CASPERSSON, T.: Symp. Soc. Exper. Biol. **1**, 127 (1947).
[2]) ULLRICH, H.: Z. Bot. **16**, 513 (1924). — GRANICK, S.: Amer. J. Bot. **25**, 558 (1938).
[3]) Der Nachweis von Nucleoproteiden in isolierten Zellbestandteilen beweist nicht die Existenz derartiger Verbindungen in der lebenden Zelle: Nucleinsäuren und Eiweißkörper vereinigen sich in Extrakten rasch zu salzartigen Komplexen [BELOZERSKY, A. N.: Biochimija **1**, 255 (1936)]. Dieser Einwand läßt sich auch gegen den kürzlich (Festschrift der Akad. der Wiss. Göttingen 1951) von v. EULER publizierten Nachweis der Ribonucleinsäure in isolierten Chloroplasten erheben.
[4] PLOTHO, O. v.: Arch. Mikrobiol. **11**, 285 (1940). — POLLISTER, A. W., u. C. LEUCHTENBERGER: Proc. Nat. Acad. Sci. USA **35**, 111 (1949). — KURNICK, N. B.: J. Gen. Physiol. **33**, 243 (1950).
[5]) BRACHET, J.: C. r. Soc. Biol. Paris **133**, 88 (1940).
[6]) VENDRELY-RANDAVEL, C.: C. r. Soc. Biol. Paris **143**, 294 (1949).
[7]) KAUFMANN, B. P., M. R. MCDONALD u. H. GAY: J. Cellular Comparat. Physiol. **38**, 71 (1951).
[8]) EULER, H. v.: Dtsch. med. Wschr. **1948**, 265.
[9]) STRUGGER, S.: Naturwiss. **37**, 166 (1950).

Einfluß von Cl^- und SO_4^{--} auf den Enzymgehalt einiger Kulturpflanzen.

Die Enzymmenge bzw. die Enzymaktivität stellen wohl eine genbedingte Größe dar, was auf Grund der verschieden hohen Enzymtätigkeit der einzelnen Kultursorten klar zum Ausdruck kommt (Braugerste). Dieses Merkmal ist aber durch sog. äußere Faktoren, die z. B. den Dispersitätsgrad des Plasmas beeinflussen und somit Wirksamkeitsänderungen der Enzyme hervorrufen, innerhalb der betreffenden Variationsbreite verschiebbar. Zu diesen äußeren Faktoren zählen wir hier Wasserversorgung, Lichteinflüsse, Temperaturwirkungen und nicht zuletzt die Wirkung der chemischen Faktoren. Unter den letzteren interessieren vor allem die mineralischen Nährstoffe (Düngemittel). Diese üben, wie wir festgestellt und zum Teil bestätigt haben, einen ganz spezifischen Einfluß auf die Enzymtätigkeit in der Pflanze aus. So haben wir bereits über den diesbezüglichen Einfluß von Stickstoff und Kali berichtet[1]). Weitere Ergebnisse über Cl^-- und SO_4^{--}-Wirkung auf Saccharase, Amylase und β-Glukosidase liegen bei Kartoffeln, Spinat, Sommergerste und Buschbohnen vor. Sie lassen eindeutig Hemmung der hydrolytischen Tätigkeit der Carbohydrasen durch Cl^-- und Förderung durch SO_4^{--}-Ernährung erkennen, wodurch Menge und Verhältnis der verschiedenen Kohlenhydrate zueinander und die Qualität verändert werden. Ferner werden auch die Erträge dadurch beeinflußt.

München-Weihenstephan, Institut für Agrikulturchemie der Technischen Hochschule.

E. LATZKO.

Eingegangen am 24. Dezember 1951.

[1]) HOFMANN, E., u. E. LATZKO: Biochem. Z. **321**, 476 (1951).

Änderung der Oberflächenbenetzbarkeit während der Blattentwicklung.

Die Benetzbarkeit der Blätter gegenüber Wasser ist ein Oberflächenphänomen. FOGG[1]) konnte unter Benutzung des Kontaktwinkels eine tagesperiodische Änderung der Benetzbarkeit messen, die auf Turgorschwankungen zurückzuführen ist. Nunmehr gelang es mit einer eigenen Methode[2]), auch

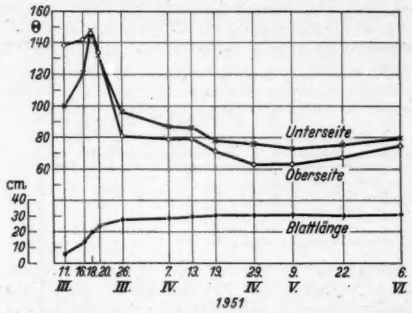


Fig. 1. Benetzbarkeit der Blätter von Narcissus pseudonarcissus L. Abszisse: Zeit in Tagen. Ordinate für die beiden oberen Kurven: Ruherandwinkel Θ in Grad (je kleiner der Winkel, um so größer die Benetzbarkeit). Ordinate für die untere Kurve: Blattlänge in cm.

im Laufe der Ontogenie der Blätter die größenmäßige Änderung der Benetzbarkeit an zahlreichen Objekten nachzuweisen (Fig. 1): Das junge, sich stark streckende Blatt wird unbenetzbar. Nach Abschluß des Wachstums folgt auf ein Maximum eine fortschreitende Verringerung des Ruherandwinkels, der eine steigende Benetzbarkeit anzeigt. Nach einer gewissen Zeit, die bei den Objekten verschieden ist und durch die wirksamen Außenfaktoren bestimmt wird, bleibt der Benetzungswinkel konstant, um beim Absterben des Blattes wieder leicht anzusteigen. Ober- und Unterseite der Blätter verhalten sich gleichsinnig, wenngleich die Randwinkelkurven nicht unbedingt parallel laufen müssen.

Eine ausführliche Mitteilung wird vorbereitet.

Botanisches Institut der Universität Köln.

H. F. LINSKENS.

Eingegangen am 15. Dezember 1951.

[1]) FOGG, G. E.: Nature [London] **154**, 515 (1944).
[2]) LINSKENS, H. F.: Planta (Berl.) **38**, 591 (1950).

Über Wesen und Bedeutung der Bakteroide in den Wurzelknöllchen der Erbse.

Die Masse des Zellgewebes stickstoffbindender Wurzelknöllchen der Erbse ist gedrängt angefüllt mit Bakteroiden, verzweigten Organismen, deren Größe das 5- bis 10fache ihrer Ausgangsformen, stäbchenförmiger Zellen von *Rhizobium leguminosarum* erreicht. Es lag nahe, die Fähigkeit der Knöllchen zur Bindung atmosphärischen Stickstoffs mit dem Stoffwechsel der Bakteroide in Verbindung zu bringen. Da es aber in exakten und umfangreichen Versuchen nicht gelungen ist, eine Teilungsfähigkeit der Bakteroide nachzuweisen — STAPP[1]), ALMON[2]) —, werden sie als teratologische, senile oder Involutionsformen gedeutet, bedeutungslos für die Stickstofffixierung, entstanden durch Abwehrmaßnahmen der Wirtspflanze[3]).

Im Verlaufe unserer Arbeiten über die biologische Stickstoffbindung haben wir das infizierte Gewebe von Erbsenknöllchen von der Spitze zur Basis in Zonen aufgeteilt, die Organismen der einzelnen Zonen vital unter dem Phasenkontrastmikroskop untersucht:

Tabelle 1.

Knöllchenzone	Natürliche Gewebefärbung	Organismen	
		% Bakteroide	% Stäbchen
A Kuppe . . .	weiß	0	100
B Übergang. .	hellrot	70	30
C Mitte. . . .	fleischrot	93	7
D Basis . . .	fleischrot	45	55
E Basis . . .	hellgrün	0	100

Die Bakteroide der Zone B sind zu einem geringen Prozentsatz teilungs- und wachstumsfähig. In einer Deckglaskultur in feuchter Kammer, ausgestrichen auf Möhren-Salep-Agar, läßt sich ihre Teilung eindeutig unter dem Phasenkontrastmikroskop beobachten. Die Bakteroidteilung wurde in Reihenaufnahmen photographiert. Die Bilder werden in einer ausführlichen Darstellung veröffentlicht[4]).

Die Organismen der Zonen B, C und D wurden mit Akridinorange vital gefärbt — Konzentration 1:5000, p_H 6,6, STRUGGER[5]) — und fluoreszenzoptisch im Blaulicht untersucht. Tabelle 2 zeigt die statistische Verteilung grün- (lebender) und rot fluoreszierender (toter) Bakteroide in den drei Zonen.

Tabelle 2.

Knöllchenzone	Bakteroid-Fluoreszenz	
	% grün	% rot
B	60	40
C	35	65
D	20	80

Mit Ausstrichen von Organismen der gleichen Knöllchenzonen wurde weiterhin die Nuklealreaktion nach FEULGEN — 20 min Hydrolyse in nHCl bei 60° — durchgeführt. Die Reaktion der Bakteroide zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3.

Knöllchenzone	FEULGEN-Reaktion der Bakteroide		
	% positiv nukleoid	% positiv diffus	% negativ
B	55	44	1
C	41	50	9
D	30	62	8

Die Werte der Tabelle 1 sind aus dem Mittel von etwa je 500 — Zone B über 800 — Präparaten gewonnen, die Tabellen 2 und 3 geben Mittelwerte von 10 Präparaten je Zone.

Die Stäbchen der Zone A sind in der Regel von einer dicken Schleimschicht umgeben und zum Teil in Infektionsschläuche eingebettet[6]). Mit Akridinorange gefärbt, fluoreszieren sie im Blaulicht zu etwa 90% grün und geben eine positiv nukleoide FEULGEN-Reaktion.

Die Stäbchen der Zone E zeigen nicht diese starke Schleimbildung. Sie sind zum Teil beweglich und verhalten sich fluoreszenzoptisch und FEULGEN-analytisch wie die Stäbchen der Zone A. Die Zellen der hellgrünen Knöllchenbasis sind zum Teil angefüllt mit zusammengeballtem Detritus, offenbar Resten abgestorbener Bakteroide.

Gewebszellen ganz junger Knöllchen, die die Wurzelrinde noch nicht durchbrochen haben, bieten ein ähnliches Bild, wie die Zellen der Zone A älterer Knöllchen: Sie haben kein Hämoglobin und keine Bakteroide, ihre Stäbchen sind in dichte Schleimhüllen und zum Teil in Infektionsschläuche eingebettet.

Eine zusammenfassende Deutung vorstehender Knöllchenanalyse ergibt folgendes Bild:

1. Erst wenn das Knöllchen die Wurzelrinde durchbricht, wird Hämoglobin und werden Bakteroide gebildet.
2. Solange das Knöllchen wächst, bleibt in seiner Spitze eine Zone erhalten, die nur Stäbchen und kein Hämoglobin führt. Sie ist als Reservoir anzusehen, aus dem die Bakteroide für die andern Knöllchenzonen gewonnen werden.
3. Zwischen weißer Knöllchenspitze und roter Knöllchenmitte befindet sich eine Übergangszone. Aus dieser können teilungsfähige und wachsende Bakteroide isoliert werden.
4. Der Prozentsatz an lebenden Bakteroiden fällt, je mehr man sich von der Knöllchenspitze kommend seiner Basis nähert.
5. Bei alternden Knöllchen wird von der Basis her die Struktur des Häminferments aufgelöst, das Gewebe färbt sich hellgrün, seine Bakteroide verschwinden.
6. Sistiert das Knöllchenwachstum, so breitet sich die hellgrüne Knöllchenzone rasch von der Basis zur Spitze aus.

Vorstehende Ergebnisse, im Hinblick auf die Frage nach der Fixierung freien Stickstoffs betrachtet, legen die Folgerung nahe, daß dieser Vorgang vom Stoffwechsel der Bakteroide maßgeblich affiziert wird.

Botanisches Institut der Technischen Hochschule Braunschweig.

WOLFRAM HEUMANN.

Eingegangen am 18. Dezember 1951.

[1]) MÜLLER, A., u. C. STAPP: Arb.biol. Reichsanst. Land- u. Forstwirtsch. **14**, 455 (1926).
[2]) ALMON, L.: Zbl. Bakter. II **87**, 289 (1933).
[3]) VIRTANEN, A. u. Mitarb.: Acta chem. scand. **1**, 90 (1947).
[4]) HEUMANN, W.: Noch nicht veröffentlicht.
[5]) STRUGGER, S.: Fluoreszenzmikroskopie und Mikrobiologie. M. u. H. SCHAPER Hannover, (1949).
[6]) SCHAEDE, R.: Beitr. Biol. Pflanzen **27**, 165 (1941).

Über das Abhängigkeitsverhältnis zwischen Hämoglobin-, Stärke-, Bakteroidvorkommen und Stickstoffbindung in den Wurzelknöllchen der Erbse.

Erbsenpflanzen, die mit einem wirksamen Stamm von *Rhizobium leguminosarum* infiziert sind, bilden Knöllchen, deren Gewebe zum größten Teil durch ein hämoglobinartiges Ferment fleischrot gefärbt und mit Bakteroiden und Stärke gefüllt ist. VIRTANEN[1]) hat beobachtet, daß das Häminferment sehr bald seine Struktur verliert — wahrscheinlich durch Aufreißen des Porphyrinrings —, wenn man die Wirtspflanze 3 bis 4 Tage verdunkelt. Das Knöllchengewebe nimmt dann eine hellgrüne Farbe an, in seinen Zellen lassen sich nur noch Stäbchen finden. VIRTANEN konnte weiterhin beobachten, daß in Knöllchen eines unwirksamen Bakterienstammes kein Häminferment erzeugt, die Stäbchen nicht zu Bakteroiden umgebildet werden.

Wir ergänzen seine Beobachtung dahin, daß die Knöllchenstärke bei Verdunkelung der Wirtspflanze in dem Maße abgebaut wird, wie das Häminferment verschwindet, daß weiterhin in den Knöllchen unwirksamer Bakterienstämme keine Stärke gespeichert wird.

Man kann das Häminferment in Knöllchen auch noch auf andere Weise als durch Unterbindung der Photosynthese zerstören: 20 Tage alte Erbsenpflanzen, deren Wurzeln zahlreiche wirksame Knöllchen tragen, werden in Rundkolben gebracht, so, daß die Wurzelspitzen in Nährlösung tauchen. Die Luft im Kolben wird durch ein Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff 2:1 — elektrolytisch erzeugtes Knallgas — ersetzt. Die Pflanze wird zwischen Epikotyl und Kolbenhals luftdicht abgeschlossen, ihre grünen Teile ragen in die Luft. Das Knallgas strömt kontinuierlich durch die Versuchskolben. Durch diese Versuchsanordnung wird eine sofortige Sistierung der Stickstoffbindung erreicht. Eine Untersuchung der Knöllchen nach 10tägiger Knallgasbehandlung ergibt folgendes Bild:

1. Die Struktur des Häminferments ist zerstört, das Knöllchengewebe ist hellgrün.

2. In den Knöllchenzellen finden sich keine Bakteroide, nur teilungsfähige Stäbchen.

3. Die Stärke in den Knöllchenzellen ist nicht abgebaut worden, sie ist in gleicher Konzentration, wie vor Versuchsbeginn liegen geblieben.

Die Knallgasbehandlung wirkt sich durch den Stickstoffentzug und die Blockierung der Fermentoberflächen durch die hohe Wasserstoffkonzentration — WILSON[2],[3]) — sofort auf die physiologischen Vorgänge im Knöllchen aus, während die Unterbindung der Photosynthese zu allmählich einsetzenden Veränderungen im Knöllchen führt.

Um zu prüfen, ob die durch die Verdunkelungs- und Knallgasversuche im Knöllchen hervorgerufenen Veränderungen reversibel sind, wurden die Pflanzen nach der Behandlung 10 Tage optimalen Wachstumsbedingungen, also guter Belichtung und kräftiger Durchlüftung ihres Wurzelsystems ausgesetzt. Die Knöllchen wuchsen weiter, Häminferment, Bakteroide und Stärke wurden aber nur im neu zuwachsenden Knöllchenteil neu gebildet. Die Stickstoffbindung setzte langsam ein und stieg im Verhältnis der Bildung neuen Knöllchengewebes.

Die vorliegenden Versuchsergebnisse werden folgendermaßen ausgewertet:

1. Die Photosynthese der Wirtspflanze und die Hämoglobinbildung im Knöllchen stehen in direktem Zusammenhang.

2. Nur in bakteroidhaltigen, nicht in nur stäbchenhaltigen Zellen der Knöllchen wird Stärke gebildet und abgebaut.

3. Nur in hämoglobinhaltigen Knöllchenzellen werden Bakteroide gebildet.

4. Nur in den Knöllchenzellen, in denen die Struktur des Häminferments intakt ist, wird Stickstoff gebunden.

Botanisches Institut der Technischen Hochschule Braunschweig.

WOLFRAM HEUMANN.

Eingegangen am 18. Dezember 1951.

[1]) VIRTANEN, A. u. Mitarb.: Acta chem. scand. **1**, 90 (1947).
[2]) WILSON, P. W., W. W. UMBREIT u. S. B. LEE: Biochemic. J. **32**, 12, 2084 (1938).
[3]) WILSON, P. W., S. B. LEE u. O. WYSS: J. of Biol. Chem. **139**, 91 (1941).

Chemische Reaktivierung hitzeinaktivierter Hefen und Temperaturadaptation.

Es wurde kürzlich gezeigt, daß bei UV-inaktivierten Bakterien eine chemische Reaktivierung möglich ist[1]). Zur Deutung derartiger Erscheinungen wurde angenommen, daß die Inaktivierung durch Aufhebung zwischenmolekularer Brücken in den Zellproteinen erfolgt, ohne daß es bereits zu tiefgreifenden Denaturierungserscheinungen kommt, die bekanntlich mit einer erheblichen Entropiezunahme verknüpft sind. Es wird also vermutet, daß, wenn lediglich eine gewisse Anzahl von H-Brücken gerissen ist, das Protein nicht mehr seine biologischen Funktionen erfüllen kann. Aus diesem Zustand kann es aber noch reaktiviert werden, wenn man durch beliebige Verbindungen, die Ladung tragen und Wasserstoffbrücken zu bilden vermögen, die gerissenen Brücken neu bildet. Dies war bei UV-inaktivierten Bakterien mittels H_2S, Phenol und Glykokoll gelungen.

Es wurde nunmehr versucht, hitzeinaktivierte Zellen chemisch zu reaktivieren. Dazu wurden jeweils 5 cm³ Hefesuspension (in Phosphatpuffer p_H 6,8) in verschlossenen Reagensgläsern im Ultrathermostaten erhitzt. Temperatur und Zeit wurden variiert. Danach wurde abgekühlt und je 1 cm³ Suspension mit je 1 cm³ Wasser, Phenol (m/100 mol) und Glykokoll (m/100 mol) gemischt. Nach einer Einwirkungszeit von 15 min wurden dann Keimzahlbestimmungen nach dem Plattenzählverfahren durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Als Versuchsobjekt diente auch hier die schon mehrfach untersuchte Hefe Torulopsis kefyr[2]).

Die Reaktivierbarkeit ist zunächst weitgehend vom Inaktivierungszustand abhängig. Wie Nr. 1 bis 4 (Tab. 1) zeigen, nimmt diese mit der Erhitzungszeit ab. Aus den absoluten Unterschieden der Überlebendenzahlen geht hervor, daß der größte Reaktivierungserfolg dann eintritt, wenn der Prozentsatz der inaktivierten Zellen zwischen 98 und 99 liegt (Nr. 1 und 2), d.h., je größer die Zahl der inaktivierten Zellen, desto größer auch die Wahrscheinlichkeit, reaktivierbare Zellen anzutreffen. Bei einer noch höheren Abtötungsrate (Nr. 3 und 4) ist die Inaktivierung bereits so weit fortgeschritten, daß nur noch ein absolut kleiner Teil der Zellen reaktivierbar ist, jedoch ist das prozentuale Verhältnis der reaktivierten Zellen gegenüber der Gesamtzahl der abgetöteten Zellen als einwandfrei anzusehen, da ein Anstieg der Keimzahl durch die Reaktivierung von $0{,}15 \cdot 10^5$ auf $2{,}1 \cdot 10^5$ (bei Glykokoll) bzw. auf $1{,}8 \cdot 10^5$ (bei Phenol) — also um etwa eine Zehnerpotenz — methodisch sicher erfaßt werden kann. Bei den Versuchen 5 bis 10 liegt der Prozentsatz der abgetöteten Zellen zwischen 70 und 93. Bei Abtötungsraten unterhalb dieses Bereiches traten methodisch bedingte stärkere Streuungen auf. Auch ist hier damit zu rechnen, daß der Reaktivierungseffekt durch den gegenläufigen Vergiftungseffekt von Phenol überlagert wird[3]).

Bekanntlich ist nun die Hitzeresistenz der Zellen weitgehend vom Wassergehalt derselben abhängig. Man nimmt allgemein an, daß die Zunahme von gebundenem Wasser zu einer Erhöhung der Hitzeresistenz und die Zunahme an freiem Wasser bzw. die Abnahme an gebundenem Wasser zu einer Verminderung derselben führt. Die Bedeutung dieser Erscheinungen für die Temperaturadaptation soll an anderer Stelle behandelt werden[4]). Es erscheint verständlich, daß die Anwesenheit beweglichen, osmotisch beeinflußbaren Wassers in der Proteinmolekel zu einer Schwächung der intramolekularen Brücken führt, so daß je nach dem Quellungsgrad eine unterschiedliche Hitzeresistenz resultiert [vgl. BOGEN[5])]. Betrachtet man den nach Adaptation der Zellen an verschiedene Temperaturen erzielten Zustand gleicher Reaktivierbarkeit als einen für die jeweiligen Proteine identischen Zustand, so kann man aus dem zur Inaktivierung der Zellen erforderlichen Verhältnis der Energien $\Delta H_1/\Delta H_2$ einen zahlenmäßigen Ausdruck für den Festigungszuwachs der intramolekularen Brücken gewinnen. Die Ergebnisse für verschiedene Δt° C sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tabelle 1.

Nr.	Adaptationstemperatur °C	Inaktivierungszeit min	Inaktivierungstemperatur °C	Ausgangskeimzahlen	Überl. in H_2O	Keimzahlen nach Reaktivierung durch Glykokoll	Keimzahlen nach Reaktivierung durch Phenol	Zahl der Inaktivierungen in H_2O	Zahl der Inaktivierungen in %	Reaktivierte Zellen durch Glykokoll Zahl	Reaktivierte Zellen durch Glykokoll %	Reaktivierte Zellen durch Phenol Zahl	Reaktivierte Zellen durch Phenol %
1	20 a	10	48	201	3	46	55	198	98,5	43	22	52	26,2
2	20 a	15	48	201	3	32	26	198	98,5	29	15	23	12
3	20 a	20	48	201	0,9	19	7,2	200,1	99,9	18,1	9,5	6,3	3,1
4	20 a	30	48	201	0,15	2,1	1,8	200,85	99,9	1,95	0,97	1,65	0,82
5	20 a	10	48	138	27,5	31,9	37,8	110,5	80	4,4	3,7	10,3	9,3
6	20 b	10	49	225	16	33,9	23,5	209	93	17,9	8,6	7,5	3,6
7	40 b	10	50	107	30,2	38,3	38,7	76,8	72	8,1	10,7	8,5	11,2
8	25 a	15	48	113	34,5	—	37,0	79	70	—	—	2,5	1,9
9	25 b	15	49	165	22,3	—	31,8	142,7	86	—	—	9,5	6,7
10	25 c	15	48	133	38,5	—	50,9	94,5	71	—	—	12,4	13,1

Sämtliche Keimzahlen sind mit 10^5 zu multiplizieren. a = junge Kultur; b = alte Kultur; c = Suspension nach 4stündiger Aufbewahrung bei 20°.

Tabelle 2.

Temperaturdifferenz zur Inaktivierung verschieden resistenter Zellen	$\Delta H_2/\Delta H_1$	Bindungsenergie einer normalen H-Brücke von 5000 cal in den resistenteren Zellen	Zusätzliche Energien zur Sprengung von fünf normalen H-Brücken
1°	1,00312	5016 cal	80 cal
2°	1,0062	5031 cal	155 cal
3°	1,0094	5074 cal	235 cal
5°	1,011	5055 cal	275 cal
10°	1,0312	5156 cal	780 cal

Es wurde als Beispiel einer zwischenmolekularen Wechselwirkung eine H-Brücke mit 5000 cal Bindungsenergie gewählt. Die gleichen Verhältnisse der Bindungsfestigkeit und damit der Resistenzzunahme gelten auch für andere zwischenmolekulare Kräfte, insbesondere COULOMBsche Kräfte, in geringerem Maße jedoch für Dispersionskräfte.

Bakteriologisches Institut der Bundes-Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Kiel (Direktor: Prof. Dr. Dr. A. LEMBKE).

J. CHRISTOPHERSEN und W. KAUFMANN.

Eingegangen am 12. Dezember 1951.

[1]) LEMBKE, A., W. KAUFMANN, H. LAGONI u. H. GANTZ: Naturwiss. **38**, 564 (1951).

[2]) CHRISTOPHERSEN, J., u. H. PRECHT: Biol. Zbl. **69**, 240, 300 (1950).

[3]) LEMBKE, A., W. KAUFMANN u. H. LAGONI: Forschungsberichte der Bundes-Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, H. 6. 1951.

[4]) CHRISTOPHERSEN, J., u. H. PRECHT: Die Bedeutung des Wassergehaltes der Zellen für die Temperaturadaptation. Im Druck.

[5]) BOGEN, H. J.: Planta (Berl.) **36**, 298 (1948).

Elektronenmikroskopische Beobachtungen am Saft gesunder Tabakpflanzen.

Von N. W. PIRIE wurde 1950[1]) hochmolekulares Nukleoprotein aus einwandfrei gesunden Tabakpflanzen (*Nicotiana tabacum*) durch Ultrazentrifugierung gewonnen und analytisch definiert. Die Teilchen hatten vorwiegend einen Durchmesser von 20 bis 30 mμ und starke Tendenz zur Aneinanderlagerung.

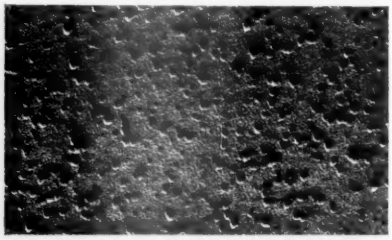


Fig. 1. Rohsaft aus gesunden Tabakpflanzen. Unter einem Winkel von 20° mit Palladium bedampft. Vergr. 30000:1.

Im Verlaufe vergleichender elektronenoptischer Untersuchungen an gesunden und x-viruskranken Pflanzen haben wir ähnliche Beobachtungen gemacht. Verdünnt man rohe Preßsäfte einwandfrei gesunder Tabakpflanzen (*Samsun*) mit dem 50fachen Volumen destillierten Wassers, so werden nach Trocknung und Bedampfung mit Pd kugel- bzw. knödelartige Formen elektronenmikroskopisch sichtbar, die aber bei uns sehr wenig Tendenz zur Aggregation zeigen. Ihre Größe, die auch aus unbedampften Aufnahmen hervorgeht, bewegt sich durchschnittlich zwischen 30 und 50 mμ (~ 1 bis 1,5 mm auf der 30000fachen Vergrößerung) (Fig. 1).

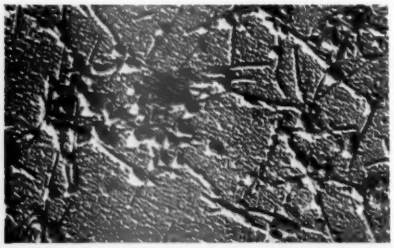


Fig. 2. Wiederauflösung einer Ammoniumsulfatfällung aus x-viruskranken Tabakpflanzen. Unter einem Winkel von 20° mit Palladium bedampft. Vergr. 30000:1.

Es wird vermutet, daß es sich um die von PIRIE beschriebenen oder ähnliche Teilchen eines in gesunden Pflanzen vorkommenden Nukleoproteins handelt. Setzt man ungefähr gleiches spezifisches Gewicht von Virusnukleoprotein und beobachtetem „gesundem" Nukleoprotein voraus, so haben beide Formen annähernd gleiches Volumen und damit gleiches Mol.-Gewicht, wenn man die Größe des x-Virus z. B. mit 10×500 mμ annimmt und die Volumen nach $\pi r^2 h$ bzw. $(4/3)\,\pi r^3$ ausrechnet.

Ähnliche rundliche Teilchen sind auch in grob gereinigten x-Viruspräparationen zu sehen. Eine 24 Std. alte erste Reinigungsstufe zeigt z. B. Fig. 2. Die rundlichen Teilchen verschwinden nicht nur im Laufe der gebräuchlichen Reinigung von x-Virus, sondern auch beim längeren Stehenlassen des rohen Preßsaftes. Es findet offenbar eine durch die leichtere Denaturierbarkeit der „gesunden" Nukleoproteine bedingte Selbstreinigung der Viruslösung statt.

Da die Bedampfungsstruktur der Aufnahmen in der Größenordnung der teilweise angedeuteten Feinstruktur der Teilchen liegt, kann über ihren Aufbau noch nichts gesagt werden. Auch muß die Frage offen bleiben, ob die Gebilde beim Zerquetschen der Pflanzen oder bei der Präparation als Kunstformen entstanden sind. Da jedoch die Zeit zwischen Saftbereitung und dem Auftrocknen auf der Folie höchstens 10 min betrug, erscheint dies wenig wahrscheinlich.

Für die Anfertigung der Aufnahmen danken wir Herrn B. DEUBNER, Institut für Elektromedizin und Elektronentechnik der Universität München.

Hann.-Münden, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für angewandte Chemie.

W. KANNGIESSER.

Eingegangen am 4. Dezember 1951.

[1]) PIRIE, N. W.: Biochem. J. **47**, 614 (1950).

Zur Vielfacherzeugung von Mesonen in Nukleon-Nukleon-Stößen.

Bei der Durchmusterung von Ilford G 5-Platten (400 μ dick), die bei einem Ballonflug etwa 10 Std zwischen 15 und 18 km Höhe geschwebt hatten, wurde ein „Stern" aufgefunden, der in der POWELLschen Terminologie mit $0 + 20_p$ bezeichnet werden muß. Es kommt also ein Teilchen mit Minimum-Ionisation an und löst einen „Schauer" von 20 Teilchen mit Minimum-Ionisation aus. Mit dem Ereignis sind keinerlei „schwarze" oder „graue" Spuren verbunden. Fig. 1 gibt den Stern in einer Zeichnung nach der Projektion wieder. (Sämtliche Spuren sind wesentlich länger als in der Zeichnung.) Dabei ist im Hinblick auf ähnliche, von anderen Autoren beobachtete Ereignisse bemerkenswert, daß die Winkelverteilung im Schauer keinerlei Anzeichen von zwei Kegeln hat. Unter der Annahme reiner Vielfacherzeugung läßt sich aus der Winkelöffnung des Schauers die Primärenergie des stoßenden Teilchens auf $(5 \pm 1) \cdot 10^{10}$ eV berechnen. Innerhalb des Winkelbereiches des Schauers wurde auch nach Elektronenpaaren gesucht, die von den Zerfallsphotonen der π^0-Mesonen herrühren. Zwei aufgefundene Elektronenpaare stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit aus solchen Prozessen. Diese Zahl ist nach geometrischen Betrachtungen und unter der Annahme,

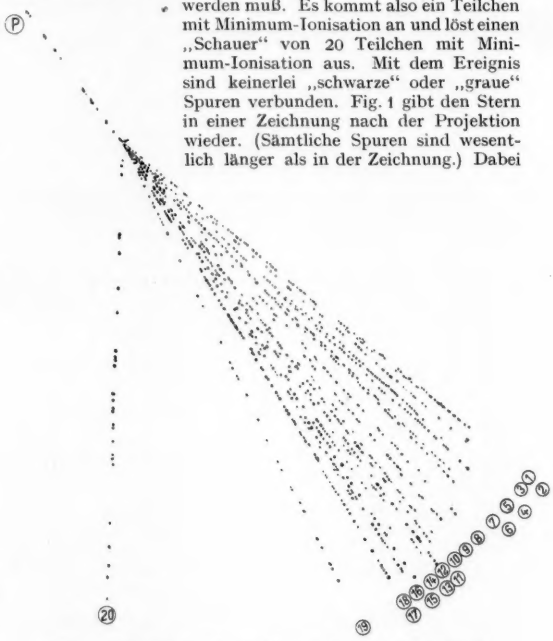


Fig. 1. „Stern" $0 + 20_p$ (Zeichnung nach der Projektion). Beobachterin Frl. CHR. SCHRIEL.

daß sich bei der Mesonenerzeugung die Zahl der geladenen zu der der ungeladenen Mesonen wie 2:1 verhält, verständlich.

In derselben Platte fand sich weiterhin ein Ereignis $0+4_p$, das ebenfalls als Beispiel für Vielfacherzeugung gedeutet werden kann. Die Korndichte der Spuren von Teilchen im Minimum der Ionisation beträgt in dieser Platte $33{,}1\,\frac{\text{Körner}}{100\,\mu}$. Eine ausführliche Veröffentlichung wird in der Zeitschrift für Naturforschung erscheinen.

Herrn Prof. Dr. W. Heisenberg danke ich für viele anregende Diskussionen, Herrn Prof. Dr. K. Wirtz für die Förderung der Arbeit. Frl. Chr. Schriel hat die Platte durchmustert und die Zeichnung nach der Projektion angefertigt.

Göttingen, Max-Planck-Institut für Physik.

M. Teucher.

Eingegangen am 7. Januar 1952.

Bemerkungen zur Theorie der Vielfacherzeugung von Mesonen.

Wenn das in der vorstehenden Note von Teucher beschriebene Ereignis als Erzeugung vieler π-Mesonen durch den Stoß zweier Nukleonen schon richtig gedeutet ist, so gestattet es interessante Rückschlüsse auf den Mechanismus derartiger Prozesse. Die Mesonenzahl ist hier, gemessen an der Primärenergie des stoßenden Nukleons, außerordentlich hoch. Für eine Primärenergie von $4 \cdot 10^{10}$ eV gibt die Fermische Theorie[1]) für den Erwartungswert der Mesonenzahl nur 2,7; die früheren Abschätzungen des Verfassers, die einen höheren Grad von Energiedissipation annahmen[2]), liefern für diesen Erwartungswert 14,8. Die tatsächliche Mesonenzahl dürfte, wenn man die neutralen Mesonen mitzählt, bei 27 liegen; die Energiedissipation ist also hier noch wesentlich höher, als in den früheren Arbeiten angenommen wurde.

Betrachtet man das bisher leider nur spärliche Versuchsmaterial über derartige Ereignisse genauer, so hat man den Eindruck, daß bei den Vielfacherzeugungsprozessen zwei deutlich getrennte Gruppen unterschieden werden können. Bei der einen Gruppe ist die Anzahl der Mesonen, gemessen an der Primärenergie, relativ klein und wird durch die Fermische Theorie ungefähr richtig wiedergegeben. Bei dieser Gruppe handelt es sich offenbar um exzentrische Stöße, bei denen ein hoher Drehimpuls übertragen wird, was an der ungleichmäßigen Winkelverteilung der Mesonen (Auftreten von zwei Kegeln) zu erkennen ist. Zu dieser ersten Gruppe gehören die zwei von Schein[3]) und von Powell und seinen Mitarbeitern[4]) beobachteten Fälle von Vielfacherzeugung.

Bei der zweiten Gruppe ist die Anzahl der Mesonen, gemessen an der Primärenergie, relativ hoch, zum Teil noch höher als selbst nach der Schätzung in der erwähnten Arbeit des Verfassers zu erwarten wäre. Bei diesen Stößen scheint die Winkelverteilung der Mesonen im Schwerpunktsystem nahezu isotrop. Es handelt sich also offenbar um nahezu zentrale Stöße. Zu dieser zweiten Gruppe gehören neben den in der vorstehenden Note von Teucher beschriebenen Ereignissen noch zwei weitere Prozesse, von denen der eine in Bristol[5]), der andere von Teucher[6]) beobachtet worden ist.

Die von Pickup und Voyvodic[7]) beobachteten Sterne gehören offenbar teils zur einen, teils zur anderen Gruppe, doch liegt hier noch keine ausführliche Veröffentlichung vor.

Der Vergleich der beiden Gruppen von Ereignissen legt folgende Deutung nahe: Geht man für die Diskussion von der Fermischen Beschreibungsweise aus, so wird der Grad der Energiedissipation und damit die Mesonenzahl bestimmt durch das Volumen Ω [a. a. O.[1]), Gl. (1)], in dem sich für einen kurzen Zeitmoment Temperaturgleichgewicht einstellt. Fermi hat angenommen, daß dieses Volumen Ω ziemlich klein, nämlich etwa durch das Lorentz-kontrahierte Volumen der stoßenden Nukleonen gegeben sei. Dementsprechend ist auch die Energiedissipation und die Anzahl der entstehenden Mesonen klein. Nach den Beobachtungen sieht es nun so aus, als sei diese Annahme höchstens bei streifenden Zusammenstößen richtig. In der Tat kann man sich gut vorstellen, daß bei streifenden Zusammenstößen die Gestalt der stoßenden Nukleonen nicht erheblich in Mitleidenschaft gezogen wird, und daß ihre Wechselwirkung wieder aufhört, nachdem die Ränder der stoßenden Nukleonen durcheinander hindurchgegangen sind. Bei zentralen Stößen aber scheint der Fermische Wert von Ω viel zu klein. Dies ist verständlich, da beim zentralen Stoß auch die Gestalt der stoßenden Nukleonen verändert werden kann, da sich hier also das Materiewellenpaket, das sich im Moment des Stoßes bildet, noch ausdehnen kann, bevor das thermodynamische Gleichgewicht einfriert und eine bestimmte Anzahl von Mesonen emittiert wird. Dementsprechend wird hier auch die Mesonenzahl erheblich größer.

Wenn diese Deutung richtig ist, so hängt der Erwartungswert der Mesonenzahl nicht nur von der Primärenergie des stoßenden Nukleons, sondern auch sehr empfindlich vom Stoßparameter ab. Man wird also bei gegebener Primärenergie mit einer sehr weiten Verteilung der möglichen Mesonenzahlen rechnen müssen, deren Mittelwert vielleicht höher liegt als nach der Fermischen Theorie. Aber natürlich könnte nur ein viel umfangreicheres Versuchsmaterial zeigen, ob eine solche Deutung berechtigt ist.

Göttingen, Max-Planck-Institut für Physik.

W. Heisenberg.

Eingegangen am 7. Januar 1952.

[1]) Fermi, E.: Progr. theor. Physics **5**, 570 (1950) insbes. Gl. (32). — Physic. Rev. **81**, 683 (1951).
[2]) Heisenberg, W.: Z. Physik **126**, 569 (1949) insbes. Gl. (15).
[3]) Lord, J. J., J. Fainberg u. M. Schein: Physic. Rev. **80**, 970 (1950). — Schein, M., J. J. Lord u. J. Fainberg: Physic. Rev. **81**, 313 (1951).
[4]) Camerini, U., P. H. Fowler, W. O. Lock u. H. Muirhead: Phil. Mag. (7) **41**, 413 (1950) Tafel XI.
[5]) Camerini, U., W. O. Lock u. D. H. Perkins: Progress in Cosmic Ray Physics, S. 1—61, Tafel IV. Amsterdam 1952.
[6]) Teucher, M.: Naturwiss. **37**, 260 (1950).
[7]) Pickup, E., u. L. Voyvodic: Physic. Rev. **82**, 265 (1951).

Reaktionen auf Töne hoher Frequenz bei Nagern.

Im Anschluß an frühere Untersuchungen von W. M. Schleidt[1]) wurden verschiedene Nager auf ihr Hörvermögen zwischen 6000 und 100000 Hz geprüft.

Die Versuchsanordnung, die die Aussendung reiner Töne bekannter Intensität gestattete, bestand aus RC-Generator, Leistungsverstärker und Kondensatorlautsprecher. Mit einem Kathodenstrahloszillographen wurde (frequenzunabhängig) die Spannung am Lautsprecher gemessen. An Hand der Eichkurve[2]) konnte die Spannung auf den Schalldruck umgerechnet werden. Der Prüfton wurde mechanisch aus- und eingeblendet. Bei elektrischer Schaltung stört, neben dem Schaltstoß selbst, vor allem der Einschwingvorgang des Lautsprechers. Zur Vermeidung störender Reflexion wurde das Versuchstier in einem kleinen Käfig aus Drahtgeflecht in einem „schalltoten Raum" frei aufgehängt.

Die einzelnen Reize wurden bei von Messung zu Messung wechselnden Frequenzen und Intensitäten in der Regel in Abständen von 45 sec gegeben (Reizdauer 0,5 bis 3 sec). Dieser Abstand hat sich als notwendig erwiesen, weil in den höheren Frequenzbereichen die Refraktärzeit der Reaktion stark ansteigt.

Im geprüften Bereich konnten zwei verschiedene Reaktionen ausgelöst werden: Der Preyersche Ohrmuschelreflex (Zucken der Ohrmuscheln) war stets nachzuweisen. Dazu kam bei einzelnen Tieren (Rötelmaus, Hamster, Gartenschläfer) ein kurzes Zucken der Vibrissen (Schnurrhaare), das sich bei größerer Intensität des Reizes bis zum Zusammenschrecken des ganzen Tieres steigerte.

Da das Hauptinteresse an der vergleichenden Untersuchung gelegen ist, wurde eine möglichst große Zahl von Arten aus verschiedenen Gruppen der Nager untersucht: Hausratte (*Mus rattus* L.), Wanderratte und weiße Ratte (*Epimys norvegicus* Erxl.), Zwergmaus (*Micromys minutus* Pall.), Hausmaus (*Mus musculus* L.), Hamster (*Cricetus cricetus* L.), Goldhamster (*Mesocricetus auratus* Wtrh.), Meerschweinchen (*Cavia cobaya* Margr.), Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus* Schreb.), Siebenschläfer (*Glis glis* L.), Gartenschläfer (*Eliomys quercinus* L.) und Haselmaus (*Muscardinus avellanarius* L.).

Es wurden bis zu fünf Vertreter der einzelnen Arten mindestens zweimal geprüft und der Mittelwert aus den jeweils letzten, weil sichersten Messungen aller Individuen angegeben. Die Kurven sind als Schwellenkurven der jeweils geprüften Reaktion zu werten, sagen also nichts über die tatsächliche

Empfindlichkeit des Ohres aus. Man darf annehmen, daß sich die Hörfläche noch über einige Größenordnungen nach unten erstreckt. Die Schwellenkurve der Vibrissenreaktion

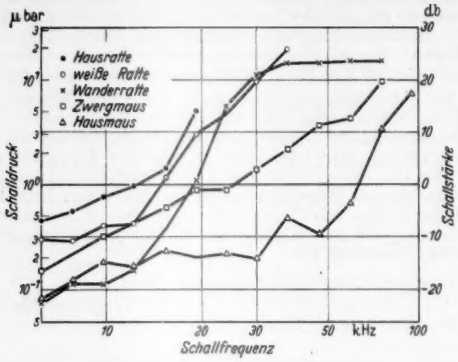


Fig. 1.

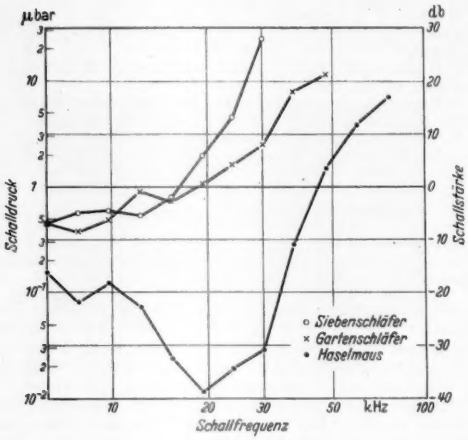


Fig. 2.

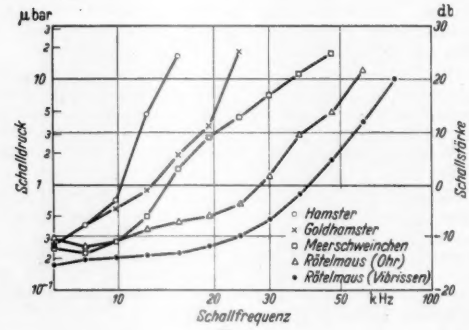


Fig. 3.

Fig. 1—3. Schwellenkurven für PREYERschen Ohrmuschelreflex bzw. Vibrissenreaktion bei Nagern. Die ersten drei Meßpunkte liegen bei 6000, 7500 und 9500 Hz, die folgenden bauen sich jeweils in Oktaven darüber auf, also 12000, 15000 Hz usw. Abszissen: Schallfrequenz in kHz. Linke Ordinaten: Schalldruck in Mikrobar. Rechte Ordinaten: Schallstärke in Dezibel (1µbar = 0 db gesetzt).

wurde nur für die Rötelmaus angegeben (Fig. 3). Auch bei den anderen daraufhin untersuchten Tieren läuft sie 5 bis 8 db unter der Schwellenkurve des Ohrmuschelreflexes.

Ganz allgemein kann aus den Kurven ersehen werden, daß bei näher verwandten Arten die kleineren Formen im hohen Bereich empfindlicher sind als die großen (vgl. Hausmaus—Hausratte, Goldhamster—Hamster, Haselmaus—Gartenschläfer—Siebenschläfer). An der Schwellenkurve der Wanderratte ist die Charakteristik durch ihr Abweichen von jener der übrigen Murinae bemerkenswert.

Ich danke Herrn Prof. Dr. H. AUTRUM und Herrn Dr. J. SCHWARTZKOPFF für Rat, Hilfe und für die Überlassung eines Arbeitsplatzes.

Forschungsstelle für Verhaltensphysiologie des Max-Planck-Institutes für Meeresbiologie, Buldern, und Zoologisches Institut der Universität Göttingen.

WOLFGANG M. SCHLEIDT.

Eingegangen am 26. Dezember 1951.

[1]) SCHLEIDT, W. M.: Experientia 4, H. 4 (1948); 7, H. 2 (1951).

[2]) Für die Eichung des Lautsprechers danke ich Herrn Dr. MRASS (Physik.-Techn. Bundesanstalt Braunschweig) und Herrn SCHODDER (III. Physikalisches Institut, Göttingen).

Zum Hypophysenproblem „beim Frosch".

Aus den Arbeiten verschiedener Autoren ergibt sich, daß beim Frosch — nach totaler Hypophysektomie — einmal eine Zunahme der Wasserresorption durch die Haut wahrgenommen wurde, ein anderes Mal nicht. So fand REY[1]) 1938 einen Anstieg der Wasseraufnahme, während er 1935[2]) keinen solchen hatte feststellen können. Da er 1935 *Rana temporaria* (Grasfrosch), 1938 aber *Rana esculenta* (Wasserfrosch) untersucht hatte, lag die Vermutung nahe, daß die sich in ihrem Habitat unterscheidenden Arten auch physiologisch divergieren.

Wässerungs- und Wiegeversuche (s. BRAUN)[3]) außerhalb der Laichzeit ergaben, daß total hypophysektomierte Temporarien weniger Wasser durch die Haut aufnehmen als durch sog. Dekapitierung *) entgroßhirnte, während Esculenten nach Hypophysektomie eine verstärkte Resorption zeigen (Fig. 1). Bei der Dekapitierung durch Scherenschlag wird die Hypophyse *nicht* mit abgetrennt. Entfernung des Großhirns hat keinen Einfluß auf die Wasseraufnahme (JUNGMANN und BERNHARDT)[4]).

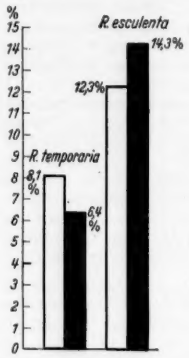


Fig. 1. Wasseraufnahme (in %) durch die Haut nach dreistündiger Wässerung bei □ entgroßhirnten und ■ hypophysektomierten Fröschen. (Mittelwerte aus 14 Parallelversuchen.)

Gehirnauskratzung mit einem scharfen Löffel (bei der nur die Medulla erhalten bleibt) erbrachte bei Esculenta dasselbe Ergebnis. Temporarien verringerten darauf ihre Resorption; in einigen Fällen aber erhöhte sie sich auch. (Tabellen und statistische Auswertung im Zoologischen Institut Mainz.)

Die biologische Bedeutung des bei beiden Froscharten verschieden wirksamen Mechanismus dürfte folgende sein: Das vom Frosch durch die Haut aufgenommene Wasser wird im Normalfall sofort durch die Nieren abtransportiert. *Rana esculenta* ist nun ein echtes Wassertier. Der Wassertransport durch die Haut, die Lymphräume, die Leibeshöhle (BRAUN)[3]) und die Nieren würde das gesamte System, besonders wiederum die Nieren, zu sehr überlasten, wäre die Hauptpermeabilität nicht zeitweise verringert. Diese Hemmung dürfte durch ein Nachlassen der Neurohypophysenhormonsekretion (BARKER JØRGENSEN)[5]) zustande kommen. *Rana temporaria*, der sich während längerer Perioden auf dem Lande aufhält, bedarf eines solchen Sekretionsstops weniger oder nur zu bestimmten Jahreszeiten. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auf Grund der ökologischen Divergenz der beiden Froscharten (und nicht nur dieser!) viele abweichende Experimentalbefunde über „den Frosch" einer Erklärung näher gebracht werden können.

Anstieg der Wasserresorption wurde beim Frosch nicht nur nach Hypophysektomie, sondern auch nach Abtragung der Zweihügelregion und nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln (POHLE)[6]), ferner nach Ablösung der tieferen Schichten nach dem Hypothalamus zu (JUNGMANN und BERNHARDT)[4]) gefunden. Da auch bei Hypophysektomie — und zwar bei der Entfernung des Hinterlappens — stets eine Läsion des Zwischenhirns eintritt (Anreißen des Ventr. lobi infundib.),

*) Unter Dekapitierung wird im allgemeinen das Abtrennen des ganzen Kopfes im Halsteil verstanden, wobei Hypophyse und Medulla mitentfernt werden; dies läßt sich beim Frosch durch Scherenschlag nicht erreichen; es wird nur das Großhirn abgetrennt.

wird — nach den neuen Untersuchungen von BARGMANN und Mitarbeitern[7]) — der Anstieg der Wasserresorption auch nach Hypophysektomie verständlich. Die Bahn des Tractus praeoptico-hypophyseus transportiert aus Zwischenhirnkernen ein Neurosekret als Granula, das sich in Tropfenform am kaudalen Zipfel des Lobus infundibularis ablagert. Da dieser bei Totalhypophysektomie stets angerissen wird, ergießt sich das Sekret, das nach den Untersuchungen von HILD und ZETLER[8]) Träger auch des die Hautpermeabilität erhöhenden antidiuretischen Prinzips ist [dessen Direktwirkung auf die isolierte Froschhaut nachgewiesen werden konnte (BRAUN)[9])], so lange und wird so lange humoral abtransportiert, bis sich eine Glianarbe gebildet hat.

Auch Rückenmarksausbohrung hat bei *Rana esculenta* (nicht bei *Rana temporaria*!) eine Erhöhung der Wasseraufnahme zur Folge (BRAUN)[10]). Dies findet ebenfalls eine Erklärung durch die Feststellung HILDS[11]), daß eine zweite Art neurosekretorischer Ganglienzellen ihre Sekrettropfen zwischen den Ependymzellen in den Liquor des 3. Ventrikels übertreten lassen, von wo das hormonführende Sekret direkt in den Neuralkanal gelangen kann. Dieser Zelltyp vermehrt sich besonders stark in der Laichzeit, in der — wie bekannt — die Hautpermeabilität oft extrem zunimmt.

Unterschiede zwischen den beiden Froscharten, die er nicht getrennt untersuchte, erwähnt HILD nicht, bemerkt aber, daß (nicht durch jahreszeitliche Unterschiede oder verschiedene technische Vorbehandlungen erklärbare) Schwankungen sowohl in der Granulaproduktion als auch in der Färbbarkeit des Sekrets auftreten.

Eine ausführliche Darstellung der Experimente und des Problems soll an anderer Stelle erfolgen.

Zoologisches Institut der Universität Mainz.

RUDOLF BRAUN.

Eingegangen am 1. Dezember 1951.

[1]) REY, P.: Ann. Physiol. **14**, 1 (1938).
[2]) REY, P.: C. R. Soc. Biol. Paris **98**, 1132 (1935).
[3]) BRAUN, R.: Verh. Dtsch. Zool., Mainz 1949.
[4]) JUNGMANN, P., u. H. BERNHARDT: Z. klin. Med. **99**, 84 (1924).
[5]) JORGENSEN, C. BARKER: Danish Sc. Press. Ltd., Kopenhagen 1950.
[6]) POHLE, E.: Pflügers Arch. **182**, 215 (1920).
[7]) BARGMANN, W., W. HILD, R. ORTMANN u. TH. H. SCHIEBLER: Acta neuroveg. **1**, 233 (1950).
[8]) HILD, W., u. G. ZETLER: Arch. exper. Path. u. Pharmakol. **213**, 139 (1951).
[9]) BRAUN, R.: Unveröffentlicht.
[10]) BRAUN, R.: Z. vergl. Physiol. **33**, 266 (1951).
[11]) HILD, W.: Z. Anat. **115**, 459 (1951).
[12]) HELLER, H.: J. of Physiol. **101**, 317 (1942).

Extrachromosomale feulgenpositive Körper (Nukleinkörper) in der Oogenese der Tipuliden.

Desoxyribosenukleinsäure, der charakteristische Bestandteil der Chromosomen, wird in manchen Zellen in bestimmten Entwicklungsphasen auch außerhalb der Chromosomen angetroffen[1]). Am längsten bekannt und am auffälligsten ist ihr Vorkommen im Ringkörper von *Dytiscus*, der in den sekundären Oogonien auftritt und in den vier zum 16zelligen Ei-Nährzell-Verband führenden Mitosen stets nur in einer Zelle vorkommt und schließlich in die Oozyte gelangt[2]). Seine Entstehungsweise im Kern ist ungeklärt.

Körper ähnlichen Verhaltens fanden sich auch in den zu den 16zelligen Eianlagen führenden Teilungen der Oogonien bei der Mehrzahl der untersuchten Arten aus der Mückenfamilie *Tipulidae*. Sie geben vorschriftsmäßige Feulgen-Reaktion (Färbung unabhängig von der Art der Fixierung nur nach jeweils optimaler Hydrolysedauer), enthalten also Desoxyribosenukleinsäure. Derartige extrachromosomale Körper seien kurz als Nukleinkörper (NK) bezeichnet. Bei den Tipuliden zeigt die erste Mitose der sekundären Oogonien noch keine Besonderheiten. In der Prophase der zweiten Mitose wird bei *Tipula lateralis*, *T. oleracea* und *T. marginata* in jedem Kern ein rundlicher NK gebildet, der in der Anaphase einer der Tochterchromosomengruppen folgt und in den Tochterkern einbezogen wird. Im 4- und 8-Zell-Stadium treten die zwei NK wieder in den Zellen auf, in die sie eingegangen waren, so daß schließlich zwei der 16 Zellen der Eianlage einen NK erhalten. Eine von ihnen wird zur Oozyte, die andere auch zu einer Nährzelle. Bei *Pales crocata* und *P. pratensis* ist die NK-Bildung nicht so streng determiniert, zu den zwei erstgebildeten treten später noch meist zwei NK auf.

Das Schicksal der NK im Laufe der Mitose wurde hauptsächlich bei *T. lateralis* untersucht. In allen Stadien stehen die NK nur mit den heterochromatischen Geschlechtschromosomen in Verbindung. Zuerst erkennen lassen sie sich im zweiten Interphaseabschnitt (Schollenstadium); die Geschlechtschromosomen sitzen ihnen dann als unregelmäßig begrenzte Chromozentren an. Während der Prophase lösen sich die Geschlechtschromosomen bis auf terminale Bindungen von den NK ab (Fig. 1, 2). In der Metaphase liegen diese am Plattenrand, meist noch beiden Geschlechtschromosomen oder nur einem anhängend (Fig. 3, 4). Während der Polwanderung folgt der NK einer Tochtergruppe (Fig. 5), zum Teil noch in Kontakt mit einem Chromosom, und wird dann in den Interphasekern aufgenommen (Fig. 6), wo er aufgelöst wird, um in der späten Interphase wieder ausgebildet zu werden. (Die Annahme, daß die NK nach der zweiten Teilung

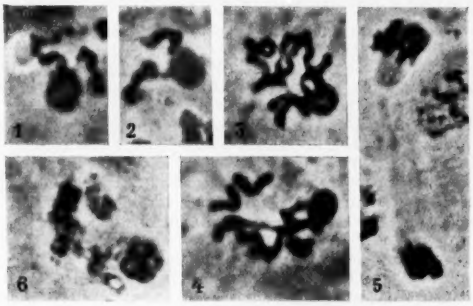


Fig. 1—6. Sekundäre Oogonien von *Tipula lateralis*. *1, 2* Geschlechtschromosomen und Nukleinkörper aus Prophasen von zwei Zellen einer Vierergruppe. *3, 4* Metaphasen (2 n = 8) mit NK aus 4-Zell-Gruppen. In *3* Geschlechtschromosomen rechts, NK terminal an beiden. In *4* dasselbe, ein Geschlechtschromosom erstreckt sich quer durch die Platte. *5* Telophase eines 2-Zell-Stadiums, NK an der oberen Tochtergruppe. *6* Interphase, NK (unten rechts) in Auflösung. Alkohol-Eisessig, Karmin-Essigsäure, Phasenkontrast, etwa 1800×.

in denselben Zellen gebildet werden, in die die NK der vorangegangenen Teilung aufgenommen wurden, stützt sich auf die Zahlenkonstanz.) Die prophasischen NK zeigen stärkste Färbung in Granula oder Netzsträngen der Rindenschicht. Unter stärkerer Vakuolisierung färben sich die NK später homogener, um schließlich unter Verstärkung der Vakuolenbildung in der Interphase abgebaut zu werden.

Während der Eireifung treten die Chromosomen aus der Karyosphäre aus, zu der sie sich zu einem arttypisch verschiedenen Zeitpunkt geballt hatten. Ein Teil der Karyosphärensubstanz bildet kleine NK wechselnder Zahl und Größe in der Umgebung der Reifeteilungsspindel. Diese werden während des Metaphasestadiums aufgelöst.

In der Spermatogenese aller untersuchter Arten treten NK nie auf.

Wilhelmshaven, Max-Planck-Institut für Meeresbiologie, Abt. Bauer.

KLAUS BAYREUTHER.

Eingegangen am 26. November 1951.

[1]) Zum Beispiel in Pollenmutterzellen: SPARROW, A. H., u. M. R. HAMMOND: Amer. J. Bot. **34**, 439 (1947).
[2]) GIARDINA, A.: Internat. Mschr. Anat. Physiol. **18**, 1 (1901). — BAUER, H.: Z. Zellforschg. **18**, 264 (1933).

Glomeruläre und tubuläre Nephrose der Säuglingsmaus nach experimenteller Infektion mit Viren der Coxsackie-A-Gruppe.

Seit Isolierung der für Säuglingsmäuse und -hamster pathogenen Viren der Coxsackie-A-Gruppe durch DALLDORF und SICKLES[1]) werden als morphologisches Substrat der Infektion einheitlich schwerste degenerative Veränderungen der Skelettmuskulatur angegeben; diese teils als „Muskelnekrosen" oder „hyaline Degeneration" bezeichneten, teils unter dem Sammelbegriff der ZENKERschen Degeneration zusammengefaßten Veränderungen führen zu beträchtlichen Untergängen von Muskelgewebe. Bei ausgedehnten Untergängen von Skelett-

muskulatur, wie sie vorwiegend durch Unfälle, Kriegsverletzungen oder Verschüttungen bewirkt werden können, beschrieben zahlreiche Untersucher [2] bis [12] u. a.] den charakteristischen Nierenbefund der myoglobinurischen Nephrose; diese wird im angloamerikanischen Schrifttum dem Sammelbegriff der „Lower-nephron-nephrosis"[10]) untergeordnet.

Laufende histologische Untersuchungen von Säuglingsmäusen, welche mit den uns von DALLDORF überlassenen Virustypen 1, 2, 3 der Coxsackie-A-Gruppe sowie mit weiteren Stämmen der gleichen Virusgruppe (isoliert von VIVELL aus Untersuchungsmaterial verschiedenster Landesgebiete Deutschlands) infiziert worden waren, erbrachten in wechselnder Intensität den folgenden Nierenbefund:

Verbreiterung der gut gegen das Mark abgesetzten Rinde. Sieht man von den noch in Entwicklung begriffenen subkapsulären Gewebsanteilen ab, so erscheinen die Glomeruli teils kollabiert, teils stark blutgefüllt; auch innerhalb eines und desselben Glomerulus öfters Wechsel blutleerer und stark gefüllter Schlingen. Bisweilen Verquellung der Kapillarwandendothelien und Verlust der Färbbarkeit von Zellkernen. In manchen erweiterten Kapselräumen Einlagerung von Eiweißschlieren, vereinzelte Schwellungen und Abstoßungen der BOWMANschen Epithelien. Wechselnde Bilder von erheblicher Dilatation und normaler Lumenweite der proximalen Tubulusabschnitte, einschließlich der Schaltstücke mit deutlicher Abflachung des Epithelbelages; vielerorts abgeschwächte, bisweilen aufgehobene Kernfärbbarkeit und unscharfe bzw. aufgelöste lumenwärtige Epithelbegrenzung. Im Protoplasma häufig *Azan*-rote Tröpfcheneinlagerungen. Die Lumina der Tubuli enthalten neben bandförmigen oder zylindrischen *Azan*-blauen Eiweißfüllungen zahlreiche schollige und kugelige Korpuskeln, vielerorts ebenfalls zu Zylindern zusammengelagert; es handelt sich um Eiweißkoazervate, die sich mit *Azan* rot, in der *Fibrin*färbung vorwiegend blaßblau, in *Hämatoxylin-Eosin* schmutzig-rötlich anfärben. Die Eigenfarbe dieser Partikel am ungefärbten Präparat oft blaßbraun, die LEPEHNEsche Reaktion vielerorts positiv. Eisenreaktionen stets negativ.

Nach dem morphologischen Verhalten liegt eine glomeruläre und tubuläre Nephrose vor. Die histologischen und histochemischen Befunde sind mit den Beschreibungen bei myoglobinurischen Nephrosen vergleichbar. Sie erklären sich durch die Skelettmuskelläsion der Säuglingsmaus nach Infektion mit einem Virus der Coxsackie-A-Gruppe durchaus. Ebenso ist es verständlich, daß die schwersten vom Menschen bekannten Nierenveränderungen bei unserem Untersuchungsgut nicht beobachtet wurden, da die Versuchstiere die Infektion maximal um 3 bis 4 Tage überlebten; diese kurze Zeitspanne schränkt die Ausbildungsmöglichkeit der durch die Muskelgewebsuntergänge bewirkten Nierenläsionen ein. Dem anatomischen Befund stehen die von GIFFORD und DALLDORF[13]) mitgeteilten Ergebnisse chemischer Untersuchungen mit beträchtlicher Kreatinurie und Verlust des Muskelkaliums zur Seite. Auch hier ergibt sich eine Parallelität der Befunde zu den Untersuchungen bei der myoglobinurischen Nephrose der Menschen[6]).

Das Syndrom einer Skelettmuskeldestruktion mit schwerer Nephrose liegt einer ganzen Reihe ätiologisch unklarer, teils endemischer Erkrankungen von Mensch [z. B. die sog. Haffkrankheit[14])] und Tier [z. B. die enzootische Myoglobinurie der Pferde[15])] zugrunde. Bei den zahlreichen unter diesen Zeichen verlaufenden Erkrankungen sind zweifellos mehrere pathogenetisch unterschiedliche Leiden auf Grund des gleichen Reaktionsablaufes zusammengefaßt. Die mitgeteilten experimentellen Befunde legen unter Berücksichtigung der weiten Verbreitung von Viren der Coxsackiegruppe die Möglichkeit nahe, daß derartige Erkrankungsformen auch durch diese Viren hervorgerufen werden könnten. Aus diesem Grunde erscheint die Ausdehnung virologischer und immunologischer Untersuchungen auf derartige Krankheiten berechtigt.

Universitäts-Kinderklinik Freiburg i. Br.

ROLAND GÄDEKE.

Eingegangen am 22. Dezember 1951.

[1]) DALLDORF, G., u. G. M. SICKLES: Science (Lancaster, Pa.) **108**, 61 (1948).
[2]) BRASS, K.: Frankf. Z. Path. **58**, 388 (1944).
[3]) BREDAUER, F.: Inaug.-Diss. München 1920.
[4]) BYWATERS, E. G. L., u. D. BEALL: Brit. Med. J. **1941**, No. 4185, 427.
[5]) BYWATERS, E. G. L., u. J. H. DIBBLE: J. of Path. **54**, 111 (1942); **55**, 7 (1943).
[6]) BYWATERS, E. G. L., u. J. K. STEAD: Quart. J. Exper. Physiol. **33**, 53 (1944).
[7]) FAHR jr., E.: Frankf. Z. Path. **56**, 497 (1942).
[8]) FRANKENTHAL, L.: Virchows Arch. **222**, 332 (1916).
[9]) HACKRADT, L.: Inaug.-Diss. München 1917.
[10]) LUCKÉ, B.: Mil. Surgeon **99**, 371 (1948).
[11]) MALLORY, T. B.: Amer. J. Clin. Path. **17**, 427 (1947).
[12]) SELLBERG, W.: Dtsch. med. Wschr. **1942**, 561.
[13]) GIFFORD, R., u. G. DALLDORF: Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med. **71**, 569 (1949).
[14]) MÜLLER, W.: Virchows Arch. **307**, 616 (1941).
[15]) WIRTH, D.: In STANG-WIRTHS Tierheilkunde und Tierzucht, Bd. V S. 54. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1928.

Besprechungen.

Rothmaler, W.: Allgemeine Taxonomie und Chorologie der Pflanzen. Jena: W. Gronau 1950. VII, 204 S. u. 42 Abb. DM 7.20.

Die vorliegende Abhandlung ist der erste Band eines von F. A. SCHILDER und W. ROTHMALER-Halle herausgegebenen, wohl vor allem für die Hochschulen der Deutschen Demokratischen Republik bestimmten „Kompendiums der Biologie", das etwa 39 Bände umfassen soll. Sein Inhalt läßt sich durch die Kapitelüberschriften gut andeuten: Aufgaben und Hilfswissenschaften der Taxonomie, Sippenbildung und -entwicklung, Chorologie, Areal und Umwelt, Areal und Zeit, die geographisch-morphologische Methode (im Sinne R. v. WETTSTEINS), die taxonomischen Einheiten, Nomenklatur, Phytographie, Systemgeschichte. Ein Schlagwortregister von 31 Seiten beschließt das Buch. Was man also sonst als Einleitung in systematischen Handbüchern oder in besonderen Darstellungen findet, wird handlich zusammengestellt. Und den leitenden, von bedeutenden Systematikern schon oft ausgesprochenen Thesen wird man auch von den mehr pädagogischen Gesichtspunkten eines solchen Kompendiums voll zustimmen — daß nämlich Taxonomie (Systematik) und Chorologie (Arealkunde) in engsten Beziehungen stehen, indem der wissenschaftliche Kern der Arealkunde in dem phylogenetisch-systematischen Verständnis der Arealentwicklung liegen müsse, wie umgekehrt der Vergleich der Verbreitungsgebiete im Rahmen unserer erdgeschichtlichen Kenntnisse eine ganz wesentliche Seite der taxonomischen Arbeit sei. Die Darstellung selbst befriedigt weniger. Auch wenn wir hier manche mehr weltanschauliche Bemerkung unerörtert lassen und von verschiedenen Versehen auf den dem Verf. wohl weniger vertrauten genetischen und physiologisch-ökologischen Gebieten absehen, vermißt man unter anderem allzu oft eine Erläuterung an Hand anschaulicher Beispiele. Der Benützer des Buches dürfte die Erfahrung machen, daß er zwar immer hört, wie der Verf. über irgendwelche Dinge urteilt, aber nicht genügend unterrichtet wird, worum es sich eigentlich handelt. Auch sprachlich ist noch manches zu verbessern (wenn etwa die Mesophyten als Pflanzen „mit mittlerem Stand des Wasserverkehrs" oder die taxonomischen Einheiten als „wahre Tatsachen" bezeichnet werden). Das Schriftenverzeichnis ist zu einseitig: es enthält z. B. zwar 12, teilweise recht spezielle Arbeiten des Verf., aber nicht das größte taxonomische Sammelwerk, ENGLERS „Pflanzenreich", und auch von den „Natürlichen Pflanzenfamilien" kein vollständiges Zitat.

F. FIRBAS (Göttingen).

Eingegangen am 15. Mai 1951.

Berichtigungen

zu der Kurzen Originalmitteilung „Papierchromatographie der β-Indolylessigsäure" von D. JERCHEL und R. MÜLLER, Naturwiss. **38**, 661 (1951): Auf Seite 561, 15. Zeile von unten, muß es heißen: „15 Teilen Pyridin" (statt 5 Teilen);

zu der Kurzen Originalmitteilung „Zur Elektrodynamik des polarisierbaren Vakuums" von E. BAGGE, Naturwiss. **38**, 566 (1951): Auf Seite 567, rechte Spalte, 10. Textzeile von unten, muß in der Exponentialfunktion der Exponent $+r_0/r$ statt $-r_0/r$ heißen.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Iso-Debyeflex der neue

Röntgenapparat mit kontinuierlich konstanter Gleichspannung für Feinstruktur-Untersuchungen

in Verbindung mit Interferenz-Goniometer und Zählrohrgerät mit Universal-Registriergerät

Rich. Seifert & Co. Hamburg 13

Röntgenwerk

Vorstufe zur theoretischen Physik

Von Dr. phil. **Richard Becker,** o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Göttingen. Mit 94 Abbildungen. VII, 172 Seiten. 1950. DM 7.50

Lehrbuch der theoretischen Physik

Von **Walter Weizel,** Professor der Physik an der Universität Bonn.

Erster Band:

Physik der Vorgänge. Bewegung, Elektrizität, Licht, Wärme. Mit 270 Textabbildungen. XV, 771 Seiten. 1949. DM 53.—; Ganzleinen DM 56.90

Zweiter Band:

Struktur der Materie. Mit 194 Textabbildungen. XII, 768 Seiten. 1950. DM 66.—; Ganzleinen DM 69.90

Jeder Band ist einzeln käuflich!

Kurzes Lehrbuch der Physik

Von Professor Dr. **H. A. Stuart,** Hannover. Zweite und dritte Auflage. Mit 378 Abbildungen. VIII, 284 Seiten. 1949. Halbleinen DM 15.—

Der Kreisel. Seine Theorie und seine Anwendungen

Von Dr. **R. Grammel,** o. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Zweite, neubearbeitete Auflage.

Erster Band:

Die Theorie des Kreisels. Mit 137 Abbildungen. XI, 281 Seiten. 1950. DM 30.—; Ganzleinen DM 33.—

Zweiter Band:

Die Anwendungen des Kreisels. Mit 133 Abbildungen. VI, 268 Seiten. 1950. DM 30.—; Ganzleinen DM 33.—

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Herausgegeben von

Professor Dr. **S. Flügge** Marburg a. d. Lahn und Professor Dr. **F. Trendelenburg** Erlangen

Unter Mitwirkung von

Professor Dr. **W. Bothe** Heidelberg, Professor Dr. **F. Hund** Frankfurt a. M., Professor Dr. **P. Harteck** Hamburg

Soeben erschien:

Fünfundzwanzigster Band

Mit 345 Abbildungen und 32 Energieschemata. VII, 650 Seiten. 1951. DM 76.—; Ganzleinen DM 79.—

Inhaltsübersicht:

Hydrodynamisches Verhalten von Makromolekülen in Lösung. Von W. Kuhn, H. Kuhn und P. Buchner-Basel. — **Schallgeschwindigkeit und Molekülstruktur in Flüssigkeiten.** Von W. Schaaffs-Berlin-Siemensstadt. — **Fehlordnungserscheinungen und Leitungsvorgänge in ionen- und elektronenleitenden festen Stoffen.** Von K. Hauffe-Greifswald. — **Der elektrische Lichtbogen.** Von H. Maecker-Kiel. — **Dielektrisches Verhalten im Zusammenhang mit dem polaren Aufbau der Materie.** Von F. H. Müller-Marburg/Lahn, und Chr. Schmelzer-Heidelberg. — **Theorie der elastischen Streuung von Korpuskeln an zusammengesetzten Atomkernen.** Von S. Flügge-Marburg/Lahn. — **Die Energieschemata der leichten Atomkerne.** Von U. Cappeller-Marburg/Lahn. — Inhalt der Bände XI—XXV. — Namen- und Sachverzeichnis.

Früher erschienen:

Einundzwanzigster Band

Mit 188 Abbildungen. III, 361 Seiten. 1945. DM 48.—

Inhaltsübersicht:

Neuere Fortschritte der Theorie des inneren Aufbaues und der Entwicklung der Sterne. Von L. Biermann, Berlin-Babelsberg. — **Elektrische Leitfähigkeit der Metalle bei tiefen Temperaturen.** Von E. Grüneisen, Marburg a. d. Lahn. **Supraleitfähigkeit.** Von E. Justi, Berlin und K. H. Koch, Wien. — **Anregungsstufen der leichten Atomkerne.** Von H. Volz, Erlangen. — **Die elektronenmikroskopische Untersuchung von Oberflächen.** Von H. Mahl, Berlin-Reinickendorf. — **Die Messung mechanischer und akustischer Widerstände.** Von K. Schuster, Breslau.

Zweiundzwanzigster Band

Mit 195 Abbildungen. III, 332 Seiten. 1949. DM 48.—

Inhaltsübersicht:

Transurane. Von S. Flügge, Marburg/Lahn. — **Die Elektronenschleuder.** Von H. Kopfermann, Göttingen. — **Die Entwicklung der Elektronenlawine in den Funkenkanal.** (Nach Untersuchungen in der Nebelkammer.) Von H. Raether, Sceaux (Seine). — **Molekulare Schallabsorption und -dispersion.** Von H. O. Kneser, Göttingen. — **Röntgenbestimmungen der Atomanordnung in flüssigen und amorphen Stoffen.** Von R. Glocker, Stuttgart. — **Ursprung und Eigenschaften der kosmischen Strahlung.** Von E. Bagge, Hamburg. — **Ionosphäre.** Von J. Zenneck, Althegnenberg (Obb.). — Inhalt der Bände I—XXII. Namen- und Sachverzeichnis.

Dreiundzwanzigster Band

Mit 215 Abbildungen. III, 416 Seiten. 1950. DM 59.60

Inhaltsübersicht:

Die Sonnenkorona. Von H. Siedentopf, Tübingen. — **Experimentelle Schwingungsanalyse.** Von W. Meyer-Eppler, Bonn a. Rh. — **Schallreflexion, Schallbrechung und Schallbeugung.** Von A. Schoch, Göttingen. — **Seignette-Elektrizität.** Von H. Baumgartner, F. Jona und W. Känzig, Zürich. — **Theorie der Supraleitung.** Von H. Koppe, Göttingen. — **Röntgenspektroskopie der Valenzelektronenbänder in Krystallen.** Von H. Niehrs, Berlin. — Inhalt der Bände XI—XXIII: Namen- und Sachverzeichnis.

Vierundzwanzigster Band

Mit 232 Abbildungen. III, 451 Seiten. 1951. DM 48.60

Inhaltsübersicht:

Spezifische Leuchtvorgänge im Bereich der mittleren Ionosphäre. Von C. Hoffmeister, Sonneberg. — **Elektroneninterferenzen und ihre Anwendung.** Von H. Raether, Hamburg. — **Die Erforschung der Struktur hochmolekularer und kolloider Stoffe mittels Kleinwinkelstreuung.** Von R. Hosemann, Berlin. — **Experimentelle Grundlagen der Spektroskopie des Zentimeter- und Millimeter-Gebietes.** Von B. Koch, Weil a. Rh. — **Die Mikrowellenspektren molekularer Gase und ihre Auswertung.** Von W. Maier, Freiburg i. Br. — **Spektroskopie der Gammastrahlen mit Krystallgittern.** Von A. Faessler, Freiburg i. Br. — **Die genäherte Berechnung von Eigenwerten elastischer Schwingungen anisotroper Körper.** Von H. J. Mähly, Zürich. — Inhalt der Bände XI—XXIV: Namen- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG. Würzburg. — Printed in Germany.